

**ESTUDIO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL DE LIMÓN TAHITÍ EN UNA
CADENA DE ABASTECIMIENTO CITRÍCOLA DE CUATRO ESLABONES**

AUTORES

**ANA MARÍA GÓMEZ MILLÁN
IVÁN DARÍO BENÍTEZ MURIEL**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SEDE ZARZAL**

2018

**ESTUDIO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL DE LIMÓN TAHITÍ EN UNA
CADENA DE ABASTECIMIENTO CITRÍCOLA DE CUATRO ESLABONES**

AUTORES

**ANA MARÍA GÓMEZ MILLÁN
IVÁN DARÍO BENÍTEZ MURIEL**

**TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

TUTORES

**DIEGO LEÓN PEÑA OROZCO, M.Sc
CLAUDIA ISABEL OCHOA MARTÍNEZ, Ph.D**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
SEDE ZARZAL**

2018

DEDICATORIA

Mi tesis es un reconocimiento para mi madre por su incondicional acompañamiento en cada etapa de mi vida, por creer en mis proyectos y por su apoyo incansable siempre. Gracias madre por tanto amor y comprensión, gracias por enseñarme cada día de mi vida que el amor es el pilar fundamental y la principal ley que rige nuestra existencia.

ANA MARÍA GÓMEZ MILLÁN

Este proyecto de grado y mi proceso de formación personal y profesional, se lo dedico a mis padres y hermano, los cuales han sido incondicionales durante toda mi vida dándome amor, principios, valores y su voto de confianza.

IVÁN DARÍO BENÍTEZ MURIEL

AGRADECIMIENTOS

Gracias infinitas al padre por darme la vida y una familia maravillosa.

Gracias a mi madre y hermano por darme su apoyo y amor en los momentos difíciles de mi vida.

A mi familia por su amor y acompañamiento en las distintas etapas de mi vida.

Gracias a mis profesores y a la universidad del valle por la calidad académica con la que me formó como persona y como profesional.

ANA MARÍA GÓMEZ MILLÁN

Quiero agradecer a todas las personas que aportaron directa o indirectamente a que pudiéramos llevar a cabo nuestro proyecto de grado, en especial a mi familia, mis padres; a nuestros asesores de tesis por su disposición y acompañamiento.

Mil bendiciones para todos y que este sea uno de tantos logros alcanzados.

Quién serás mañana comienza con quién eres hoy – Tim Fargo.

IVÁN DARÍO BENÍTEZ MURIEL

TABLA DE CONTENIDO

1. GLOSARIO.....	10
1.1 Conceptos generales	10
1.2 Conceptos estadísticos.....	11
2. RESUMEN	13
3. INTRODUCCIÓN	14
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
5. JUSTIFICACIÓN	18
6. OBJETIVOS	20
6.1 Objetivo general	20
6.2 Objetivos específicos	20
7. MARCO TEÓRICO	21
7.1 Cadena de abastecimiento	21
7.2 Cadena de abastecimiento agrícola.....	21
7.3 Cadena de abastecimiento citrícola	22
7.4 Eslabones de la cadena de abastecimiento citrícola.....	23
7.5 Poscosecha	25
7.6 Almacenamiento	25
7.7 Limón Tahití.....	26
7.8 Características físicas de las frutas	27
7.9 Características químicas de las frutas.....	28
7.10 Vida útil de las frutas	29
7.11 Diseño de experimentos	30

7.12 Normas	31
8. CARACTERIZACIÓN.....	34
8.1 Situación de la cadena de abastecimiento en Colombia	34
8.2 Postcosecha de cítricos	35
8.3 Taxonomía.....	39
8.3.1 Recubrimientos	42
8.3.2 Temperatura.....	43
9. MODELOS REFERENTES	45
10. EVALUACIÓN DEL SISTEMA OBJETO DE ESTUDIO CON RESPECTO AL MODELO REFERENTE	49
11. METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS	50
11.1 Preparación de las muestras.....	50
11.2 Instrumentos y equipos	50
11.3 Diseño experimental.....	52
11.4 Variables de respuesta	53
11.5 Análisis estadístico	56
12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
12.1 Pruebas instrumentales.....	57
12.2 Pruebas sensoriales	75
13. GUÍA DE RECOMENDACIONES PARA LA CADENA DE ABASTECIMIENTO CITRÍCOLA.....	80
14. CONCLUSIONES.....	81
15. BIBLIOGRAFÍA	83
16. ANEXOS	88

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Recopilación bibliográfica de documentos referentes.	40
Tabla 2. Diseño experimental para determinar la vida útil del limón Tahití en una cadena de abastecimiento citrícola.	53
Tabla 3. Análisis ANOVA en Minitab para pérdida de peso.	60
Tabla 4. Análisis ANOVA en Minitab para firmeza.	62
Tabla 5. Análisis ANOVA en Minitab para color.	65
Tabla 6. Análisis ANOVA en Minitab para acidez total titulable.	67
Tabla 7. Análisis ANOVA en Minitab para sólidos solubles totales.	70
Tabla 8. Análisis ANOVA en Minitab para diámetro polar.	72
Tabla 9. Análisis ANOVA en Minitab para diámetro ecuatorial.	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Actividades que desarrolla cada eslabón de la cadena de abastecimiento citrícola. .	37
Figura 2. Escala de color de limón Tahití del Tolima.....	46
Figura 3. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso (T1-T2-T3-T4).....	58
Figura 4. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab pérdida de peso.....	61
Figura 5. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la firmeza del fruto (T1-T2-T3-T4).....	61
Figura 6. Gráfica de interacción en Minitab (temperatura, recubrimiento y tiempo) para la firmeza.....	63
Figura 7. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la variación del color del fruto (T1-T2-T3-T4).....	64
Figura 8. Variable de Color coordenada “a” (escala de rojo a verde).....	64
Figura 9. Variable de Color coordenada “b” (gradiente de azul).....	65
Figura 10. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab para cambio de color.	66
Figura 11. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la acidez total titulable (T1-T2-T3-T4).	67
Figura 12. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab (ATT) acidez total titulable.	69
Figura 13. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre el contenido de (SST) sólidos solubles totales (T1-T2-T3-T4).	69
Figura 14. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab sólidos solubles totales.	71
Figura 15. Efecto de los tratamientos y el tiempo de almacenamiento sobre el diámetro polar del fruto (T1-T2-T3-T4).....	71

Figura 16. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab para diámetro polar.	73
Figura 17. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre el diámetro ecuatorial (T1-T2-T3-T4).	74
Figura 18. Grafica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab para diámetro ecuatorial.	75
Figura 19. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 1.	76
Figura 20. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 2.	76
Figura 21. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 3.	77
Figura 22. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 4.	78
Figura 23. Encuesta Sensorial aplicada a los panelistas.	90
Figura 24. Resultados encuesta sensorial, para la elección de compra del fruto según la variable aceptabilidad visual en las semanas de experimento.	91
Figura 25. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para diámetro ecuatorial.	91
Figura 26. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para diámetro polar.	92
Figura 27. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para peso.	93
Figura 28. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para acidez total titulable.	93
Figura 29. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para color.	94
Figura 30. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para sólidos solubles totales.	94
Figura 31. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para firmeza.	95

1. GLOSARIO

1.1 Conceptos generales

Aceptabilidad fisicoquímica: Condición de agrado o desagrado de las propiedades físicas y químicas del fruto analizado.

Acidez titulable: Es la cantidad total de ácido en una solución determinada por titulación usando una solución estándar de hidróxido de sodio (titulante).

Auto catalítico: Es una colección de entidades donde cada una de estas puede ser creada catalíticamente por otras entidades dentro del conjunto, de manera que el conjunto es capaz de catalizar su propia producción.

Carotenoides: Son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales.

Índice de madurez: Indicador de calidad mínima aceptable para el consumidor y larga vida de almacenamiento del fruto.

Limón Volkameriano: Es un híbrido natural del limonero.

Patrón Carrizo: Es un tipo patrón obtenido por hibridación de *Poncirus trifoliata* y el naranjo dulce.

Patrón Cleopatra: Más conocido como Citrumelo es (híbrido de pomelo y *Poncirus trifoliata*) también apareció en la década de los 70 como patrón más resistente a hongos y resistente a asfixia radicular.

Patrón Kryder: Es un patrón de la naranja trifoliada *Poncirus trifoliata*, que induce un enanismo moderado en las copas injertadas sobre ellos

Perecedero: Tiene duración limitada y tiende a estropearse en un determinado plazo de tiempo.

***Poncirus trifoliata*:** Es un árbol frutal de la familia de las rutáceas, estrechamente emparentado con los citrus y originario del norte de China.

Postcosecha: Período posterior al tiempo de cosecha del fruto.

Propiedades fisicoquímicas: son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia.

PSGG: Es goma de guisante guar, se usa principalmente en la industria alimentaria, en zumos o jugos, helados, salsas, comida para mascotas, panificación.

Sh: Es llamada goma laca, sustancia resinosa, formada en las ramas de distintos árboles de Asia meridional con la exudación producida por las picaduras de ciertos insectos, que se emplea en la fabricación de barnices y colorantes.

Sólidos solubles: Los azúcares predominantes en el mosto son glucosa y fructosa (ambos azúcares reductores) y una pequeña cantidad de sacarosa (no reductor).

1.2 Conceptos estadísticos

Hipótesis nula: Es una hipótesis que el investigador trata de refutar, rechazar o anular. Generalmente, "nula" se refiere a la opinión general de algo, mientras que la hipótesis alternativa es lo que el investigador realmente piensa que es la causa de un fenómeno.

Análisis de residuales: Permite cotejar si las suposiciones del modelo de regresión se cumplen. Se puede detectar: a) Si efectivamente la relación entre las variables X e Y es lineal.

Análisis de varianza: Es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debido a diferentes variables explicativas.

ANOVA: Técnica fundamental que, en su diseño más sencillo, desarrolla un contraste de hipótesis estadísticas, que afecta simultáneamente a los valores medios o esperados de k poblaciones (variables aleatorias) con distribución normal y homoscedásticas, es decir, con idénticas varianzas.

Diseño de factor en bloque: Tipo de diseño de experimentos utilizado con modelos aleatorizados, generalmente a modelos con varios factores de tratamiento.

GL: El total de grados de libertad (GL) es la cantidad de información en los datos. El análisis utiliza esa información para estimar los valores de parámetros de población desconocidos. Este valor está determinado por el número de observaciones en la muestra. Los GL de un término muestran qué tanta información usa ese término. Si incrementa el tamaño de la muestra, obtendrá más información sobre la población, con lo cual aumenta el total de GL.

MC Ajust.: Los cuadrados medios ajustados miden qué tanta variación explica un término o un modelo, asumiendo que todos los demás términos están en el modelo, independientemente de su orden en el modelo.

SC ajust.: Las sumas ajustadas de los cuadrados son medidas de variación de las diferentes fuentes especificadas para el modelo. El orden de los predictores en el modelo no afecta el cálculo de las sumas ajustadas de los cuadrados.

Significancia estadística: Permite determinar si una hipótesis (Hipótesis nula) puede ser aceptada o rechazada. Para esto se usa el estadístico o valor p de la prueba que al cumplirse o no al probarse sobre la hipótesis nula la rechaza o la acepta.

Valor F: Un valor F aparece para cada prueba en la tabla del análisis de varianza. El valor F es el estadístico de prueba usado para determinar si cualquier término incluido en el modelo está asociado con la respuesta.

Valor P: El valor p es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Las probabilidades más bajas proporcionan una evidencia más fuerte en contra de la hipótesis nula.

2. RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo estudiar una cadena de abastecimiento citrícola (limón Tahití) de cuatro eslabones (productor, intermediario, detallista y consumidor) en el Valle del Cauca. Se caracterizaron los procesos realizados en la cadena de abastecimiento de limón Tahití, para detallar el manejo postcosecha, las actividades de los diferentes actores y el tiempo de permanencia del fruto en cada eslabón. Posteriormente se realizó un diseño experimental en el cual los frutos fueron sometidos a temperatura de 23 y 30 °C para los eslabones del productor, intermediario y detallista y a 5°C para el eslabón del consumidor, con y sin aplicación de recubrimiento durante un periodo de 30 días. Las variables evaluadas fueron acidez total titulable, pérdida de peso, diámetro del fruto, cambio de color, sólidos solubles totales y firmeza del fruto. Se realizó análisis sensorial en el cual fueron evaluadas las variables de sabor, color, apariencia física y aroma del fruto. Los resultados mostraron significancia de variación en el factor recubrimiento para la pérdida de peso, firmeza, acidez total titulable y sólidos solubles totales. El factor tiempo generó variación en la firmeza, color, diámetro y acidez total titulable y la temperatura tuvo significancia en la pérdida de peso. Para el análisis sensorial la mayor variación fue por el factor tiempo en el sabor y la apariencia del fruto. Como resultado final de la investigación se diseña una guía práctica que brinda información sobre los tiempos adecuados de permanencia del fruto en cada eslabón, para lograr mejor desempeño en la calidad del producto.

3. INTRODUCCIÓN

La gestión de la cadena de abastecimiento es una práctica basada en la filosofía ganar/ganar, la cual consiste en la planificación, organización y control de los flujos de la red de valor, entre los que se encuentran los flujos transaccionales, de productos y/o servicios, y de la información, Blanchard (2010) define la cadena de suministro como la secuencia de eventos que cubren el ciclo de vida entero de un producto o servicio desde que es concebido hasta que es consumidor. Los cítricos tienen cultivos permanentes gracias a que se adaptan a diferentes territorios y en general tienen alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, facilitando su cultivo en un gran número de países, aunque las regiones productoras por excelencia están ubicadas en el continente americano y en el occidente del continente europeo (Londoño et al., 2015).

La cadena de abastecimiento de cítricos en Colombia, cubre productos en su fase primaria tales como naranjas, limones, limas, mandarinas y toronjas, y una serie de productos asociados a la fase industrial como jugos, concentrados, néctares, purés, pastas, pulpas, jaleas, mermeladas, aceites, esencias y pellets para alimentación animal. Las principales debilidades que enfrenta la cadena citrícola son la falta de escalas comerciales significativas y la alta dispersión en la producción, el bajo grado de asociatividad entre los productores y la falta de cultura agro empresarial que limita su acceso al crédito y a la asistencia técnica, y además restringe su capacidad de maniobra frente a otros actores; existe poco grado de integración entre la industria y la agricultura; no hay disponibilidad de material vegetal certificado; falta investigación y transferencia de tecnología en la fase agrícola y agroindustrial, así como la implementación de campañas de prevención de plagas y enfermedades (Escobar Quijano et al., 2012).

En el departamento del Valle del Cauca se identifican problemáticas para la cadena de abastecimiento citrícola como las condiciones de almacenamiento en transporte de los frutos, métodos y tiempos de recolección inadecuados, infraestructura vial y empresarial precaria, entre otros factores que influyen particularmente en el eslabón del pequeño agricultor. La tecnología y los cuidados que se tienen en cosecha y postcosecha no son los adecuados

ocasionando pérdidas de producto, bajos márgenes de utilidad por una intermediación desbalanceada, con un músculo financiero insuficiente para inversiones y mejoramiento de las condiciones del cultivo (Escobar Quijano et al., 2012).

La cadena de abastecimiento objeto de estudio está ubicada en el centro del Valle del Cauca en el municipio de Andalucía, en las zonas productoras cítricas en las veredas Zanjón de piedras, Tamboral, Monte hermoso, y Madre vieja al oriente del municipio. En los sistemas de comercialización tradicionales se observa una alta participación de intermediarios, debido a que no hay exigencias en cuanto a empaque o calidad externa del fruto; y también debido a que el volumen y los precios se fijan según la oferta y la demanda del momento. El producto se comercializa sin normas técnicas en la mayor parte de las zonas productoras (Escobar Quijano et al., 2012).

En este documento se presenta el análisis del comportamiento de la vida útil de limón Tahití a lo largo de cuatro eslabones de una cadena de abastecimiento compuesta por productor-intermediario-detallista-consumidor. Se pretende identificar los aspectos relevantes que afectan al producto relacionados con las características particulares de almacenamiento, transporte, y en general las condiciones de manipulación a lo largo de la cadena. En este sentido, se presenta una caracterización de la cadena, se identifican los aspectos relacionados anteriormente, se utiliza un modelo referente para ser evaluado con el modelo propuesto, se aplica el diseño de experimentos para simular en el laboratorio las condiciones que se presentan en sitio para evaluar las variables de respuesta físico-químicas, y finalmente determinar un estudio que sirva para investigaciones futuras frente al tema, para que el pequeño productor y los otros eslabones en la cadena, puedan tomar decisiones de temperatura de almacenamiento, tiempo de duración del producto en cada eslabón y reposición de producto, entre otros aspectos. Aunque este trabajo no tiene el propósito final de profundizar en las estrategias de manejo, si pretende a partir de los resultados del diseño de experimentos, ofrecer herramientas a los eslabones de la cadena, para mejorar la toma de decisiones con relación al manejo del producto (limón Tahití) que beneficie el sector cítrico y las decisiones de venta para cada eslabón de la cadena objeto de estudio.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El territorio Colombiano en su economía tiene como fuente principal de ingresos la agricultura, su geografía presenta condiciones favorables para cultivos de frutas y hortalizas; las zonas productoras se encuentran ubicadas entre 0 m y 1600 m de altitud, con temperaturas medias de 23 a 34°C, pluviosidades acumuladas anuales de 900 a 1200 mm, luminosidad mayor a 1900 horas de brillo solar anual y la producción de frutas es permanente (Escobar Quijano et al, 2012). La promoción y desarrollo del sector frutícola representa para Colombia una importante fuente de crecimiento de la agricultura, generación de empleo rural y desarrollo con equidad para las regiones ya que las frutas son adaptables a diversos pisos térmicos que dispone el país, conformando una producción administrada con criterios de eficiencia y sostenibilidad en escalas que van desde micro, pequeños, medianos, hasta grandes productores y empresas exportadoras (Plan frutícola nacional, 2006).

La agroindustria nacional de cítricos muestra un significativo, aunque muy pequeño desarrollo en los últimos años. El país posee condiciones propicias para el establecimiento de una industria competitiva pero tiene limitada capacidad de generación de volumen constante, de ofrecer las variedades requeridas por el mercado y de brindar una oferta de fruta con calidad (Escobar Quijano et al., 2012). Las principales debilidades que enfrenta la cadena citrícola son la falta de escalas comerciales significativas y la alta dispersión en la producción, el bajo grado de asociatividad entre los productores y la falta de cultura agroempresarial que limita su acceso al crédito y a la asistencia técnica. Además,

existe poco grado de integración entre la industria y la agricultura, no hay disponibilidad de material vegetal certificado; falta investigación y transferencia de tecnología en la fase agrícola y agroindustrial, así como la implementación de campañas de prevención de plagas y enfermedades (Escobar Quijano et al., 2012).

En el departamento del Valle del Cauca se identifican problemáticas para la cadena de abastecimiento citrícola como las condiciones de almacenamiento, el transporte de los frutos, métodos y tiempos de recolección inadecuados, infraestructura vial y empresarial precaria, entre otros factores que influyen. Particularmente en el eslabón del pequeño agricultor la

tecnología y cuidados que se tienen en cosecha y postcosecha no son los adecuados, lo que ha ocasionado pérdidas de producto, bajos márgenes de utilidad por una intermediación desbalanceada, con un músculo financiero insuficiente para inversiones y mejoramiento de las condiciones del cultivo.

Generalmente los pequeños agricultores no cuentan con recursos para aplicar tecnologías postcosecha que controlen factores ambientales como temperatura y humedad relativa para la prolongación de la vida útil de los cítricos, por lo que están sujetos a las condiciones y variaciones del ambiente de acuerdo con el área de ubicación. La recolección se realiza de forma manual en canastillas o costales, luego se lleva la cosecha a un lugar próximo al cultivo en donde se deja el producto hasta ser entregado al intermediario. En el intervalo de tiempo entre la cosecha y la entrega al intermediario, los frutos están expuestos a una serie de situaciones que pueden afectar su vida útil lo cual genera pérdidas para el pequeño agricultor.

Después de la cosecha, los cítricos evolucionan hacia la senescencia con pérdida gradual de calidad comercial por distintos motivos: pérdida de peso y textura por deshidratación, ablandamiento del fruto, deformación, envejecimiento de la cáscara; incremento de alteraciones fisiológicas, podredumbres, aumento en el índice de madurez por disminución del contenido de ácido cítrico, pérdidas de sabor y aroma; reducción del contenido de vitamina C, y disminución del valor alimenticio (Castellano, 2016).

Es necesario un análisis experimental que defina la vida útil del limón Tahití simulando condiciones ambientales normales en el área de estudio, para obtener información detallada sobre el comportamiento de las variables que afectan la vida útil del producto a lo largo de la cadena de abastecimiento objeto de estudio.

Con base en lo anterior se genera la siguiente pregunta:

¿Cómo determinar la vida útil de los cítricos, a través de los cuatro eslabones de la cadena de abastecimiento citrícola (productor, intermediario, detallista y consumidor) mediante un diseño de experimentos?

5. JUSTIFICACIÓN

Las economías de escala y la tecnología aplicada al sector agrícola por parte de grandes países productores, hacen posible obtener precios de frutos más bajos, que los precios que registra la fruta fresca nacional (Escobar et al., 2012). Esto evidencia la necesidad en el sector citrícola de desarrollar paquetes tecnológicos de diferentes tipos, que contribuyan con los requerimientos de la industria nacional, creando conexiones en el territorio para trabajar por un objetivo común y brindar una buena distribución de bienes y recursos a lo largo de la cadena de abastecimiento, obteniendo garantía con continuidad en el tiempo y estabilidad en el precio para los productores nacionales (Simonetti, 2006).

La cadena de abastecimiento citrícola en Colombia y en el departamento del Valle del Cauca se sitúa como una de las posibles áreas de la agricultura a potencializar por sus condiciones territoriales en el cultivo y la ubicación estratégica para la distribución. Con el análisis de la cadena de abastecimiento en el eslabón del pequeño productor enfocada en determinar la vida útil del limón Tahití se deduce que la apariencia externa es crucial en el mercado de productos frescos en el momento de la elección del consumidor. En consecuencia, se estima que los limones desperdiciados debido a baja calidad visual y / o trastornos patológicos son aproximadamente del 20%. Por lo tanto, el uso de técnicas postcosecha que preservan la calidad de los limones durante su vida es de gran interés (Hernández et al., 2015).

Es de relevancia conocer los principales factores o características de la fruta asociadas con la tolerancia a los diferentes niveles de temperatura, tener conocimiento brinda información muy valiosa en el proceso logístico según los diferentes destinos. Los cítricos, por ser no climatéricos, no maduran o mejoran su sabor y aroma luego de la cosecha, por lo tanto, deben ser conservados bajo condiciones que preserven sus características de recién recolectados. El control sobre las variables fisicoquímicas y los factores que influyen en las características del fruto permite definir acciones para prevenir las pérdidas económicas y mejorar la calidad de entrega al consumidor por medio de los intermediarios cuando se encuentran en el eslabón del pequeño productor para la postcosecha (Intriago Zambrano et al., 2014).

Para los agricultores el panorama citrícola en el Valle del Cauca es prometedor, gracias a los proyectos de estructuración para tener cultivos con mejorías en los factores que influyen en las características del fruto para mantener su estado ideal, por lo tanto, es de gran utilidad estudiar un mercado en crecimiento específicamente para el fruto limón Tahití. En este trabajo se pretende que a partir de los resultados del diseño de experimentos en el cual se evalúan las variables físico-químicas del producto en este caso limón tahití, dar solución a los actores principales de la cadena de abastecimiento citrícola del Valle del Cauca por medio de herramientas de aplicación que surgen del análisis de resultados, para mejorar la toma de decisiones en aprovisionamiento de limón tahití, manejo adecuado de la rotación del inventario de los frutos impactando positivamente la economía en cada eslabón y mejorando considerablemente la calidad en servicio, propiedades organolépticas, tiempo de almacenamiento, entre otros; que beneficie el sector citrícola y la cadena objeto de estudio. La madurez fisiológica se define como el momento en que los frutos han cesado prácticamente su crecimiento, se detiene la acumulación de reservas y se incrementan los procesos metabólicos que conducen a su estado ideal de consumo (Crochon et al., 2007). Se han determinado estándares de madurez para una gran variedad de frutas, hortalizas y flores. La cosecha de los frutos en el estado de madurez apropiado permite a los distribuidores iniciar su trabajo con la mejor calidad posible de producto. Los productos cosechados en un estado pre maduro o temprano carecen del sabor apropiado y es posible que no maduren adecuadamente; mientras que los productos cosechados tardíamente pueden estar fibrosos o sobre maduros (Kader, 2008).

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Determinar la vida útil de un fruto a lo largo de una cadena de abastecimiento citrícola con el uso del diseño de experimentos que permita apoyar la toma de decisiones sobre periodos de almacenamiento a los actores dentro de la cadena.

6.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso de manejo y permanencia de un fruto a lo largo de una cadena de abastecimiento citrícola que permita identificar aspectos relevantes que afecten la toma de decisiones de los diferentes actores en la cadena.
- Evaluar los cambios en las propiedades fisicoquímicas del limón Tahití, durante el almacenamiento relacionado con los 4 eslabones de la cadena de abastecimiento citrícola (productor, intermediario, detallista y consumidor).
- Definir el tiempo de permanencia del fruto a lo largo de la cadena de abastecimiento citrícola en el Valle del cauca, anexando para dar valor agregado una guía de mejores prácticas que garanticen el adecuado desempeño del producto.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Cadena de abastecimiento

Una cadena de abastecimiento (CA) es una red de empresas de suministros que abarca desde el proveedor de la materia prima hasta el producto final; en este proceso se integran las funciones del proveedor, fabricante, distribuidor, detallista y cliente para llevar a cabo un proceso productivo mediante la información, circulación, transformación, distribución, venta de materiales, servicios, productos y movimiento de recursos y/o bienes, buscando abastecer los materiales necesarios en la cantidad, calidad y tiempo requeridos al menor costo posible para dar mejor servicio al cliente. Una cadena de abastecimiento está conformada por siete elementos fundamentales para su buen desarrollo: proveedores, transporte, fabricantes, clientes, comunicación, tecnología y sistemas de gestión (Sánchez, 2014). El factor clave que determina la gestión en las CA son los requisitos por parte del cliente, pues, indudablemente, las CA se orientan a satisfacer directamente las órdenes de los clientes o a anticipar la demanda futura; por esta razón existen CA con alta variabilidad en los factores a controlar para el consumidor como la CA agrícola.

7.2 Cadena de abastecimiento agrícola

Esta difiere de otras cadenas de abastecimiento, debido a la importancia que tienen factores como la variabilidad del clima; la calidad de los productos; la seguridad alimentaria, el manejo de productos perecederos y los ciclos de vida; la variabilidad de la demanda y los precios; la disponibilidad de trabajadores; el rendimiento del cultivo; los costos laborales y los asociados al acopio de los productos; el volumen, la ubicación y la estacionalidad; el uso de medios de transporte eficientes que proporcionen un equilibrio entre el tiempo para llegar al mercado y el costo; el manejo postcosecha de los cultivos; el grado de madurez del producto; el tiempo máximo para la entrega; la disponibilidad de los productos; el tiempo de transporte y los costos de entrega; características como frescura y seguridad de los productos; los porcentajes por

pérdidas debido a la perecibilidad; la presencia de fenómenos naturales; las reformas a las leyes del sector; los tratados de libre comercio; los procesos de devaluación; la aplicación de nuevas normas fitosanitarias para la comercialización, trazabilidad o localización y el seguimiento de la trayectoria del producto, el alto valor agregado con menores costos operativos, los constantes cambios de precios por exceso o escasez de productos, entre otros (Giraldo, 2001).

En tal sentido es necesario tener claridad sobre la forma de organización con el cliente. En la cadena de abastecimiento agrícola, existen varias formas: impulsada por la demanda (se organizan por medio de acuerdos entre productores y demandantes); dirigida por parte del productor (los agricultores son responsables de la calidad de los productos, pero se presenta gran competencia de precios y alta intermediación); acuerdos bilaterales, (principalmente entre grandes productores y empresas), y mercados tradicionales (especialmente para responder al mercado interno) (Giraldo, 2001).

7.3 Cadena de abastecimiento citrícola

Los cítricos tienen alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas, facilitando su cultivo en un gran número de países, aunque las regiones productoras por excelencia han sido localizadas en el continente americano y en el occidente del continente europeo (Braddock, 2006). Los países del hemisferio norte son los mayores productores de cítricos, con el 58% de la producción mundial, siendo el restante proveniente de los países del hemisferio sur, donde el grueso de la producción se concentra en 5 países. La producción de cítricos en 2010 fue liderada por China, Brasil y Estados Unidos. Brasil y Estados Unidos son las principales regiones procesadoras de naranja en el mundo. La geografía colombiana presenta condiciones favorables para el cultivo de los cítricos; las zonas productoras se encuentran ubicadas entre 0 m y 1600 m de altitud, con temperaturas medias de 23 a 34°C, pluviosidades acumuladas anuales de 900 a 1200 mm y luminosidad mayor a 1900 horas de brillo solar anual. La producción de fruta es permanente, a través de todo el año, con épocas marcadas de concentración de la cosecha, según sea la distribución de la precipitación, unimodal o bimodal, características de la zona Andina. El renglón de los cítricos participa con aproximadamente 24% de los empleos directos generados dentro del sector de frutales en Colombia; la

importancia que tiene este cultivo en la agricultura nacional se refleja en el total de empleos directos con relación a los generados por el grupo de los frutales. En proporción, por cada empleo directo destinado a las labores permanentes, se generan tres indirectos. Esto se refleja en estabilidad del subsector de cítricos (Braddock, 2006).

Los cítricos se comercializan en forma tradicional utilizando canales de comercialización como las centrales mayoristas donde el acopiador rural compra el producto a campesinos y pequeños productores para trasladarlo a la plaza regional donde es comprado por el intermediario mayorista para venderlo a los detallistas. Aunque hay comercializadores organizados en algunas regiones del país que distribuyen los frutos en canastillas plásticas o en empaques rígidos de cartón, la práctica más común es no someter la fruta a procesos de selección y la comercialización se realiza en costales de diversos tamaños y pesos. En los sistemas de comercialización tradicionales se observa una alta participación de intermediarios, en parte porque no hay exigencias en cuanto a empaque o calidad externa del fruto; los volúmenes y precios se fijan según la oferta y la demanda del momento y el producto se comercializa sin norma técnica en la mayor parte de las zonas productoras. Mediante reuniones con los diferentes actores de la cadena, se ha desarrollado un diagnóstico del sector citrícola nacional y se ha identificado una serie de problemas limitantes del desarrollo y competitividad de la cadena, los cuales se agrupan en tres grandes áreas prioritarias: producción, postcosecha e industria, y fortalecimiento gremial y empresarial (Escobar Quijano et al., 2012).

7.4 Eslabones de la cadena de abastecimiento citrícola

Eslabón del productor: Los pequeños productores constituyen una buena parte del sector frutícola en Colombia, estos se caracterizan por tener un pequeño cultivo de cítricos al cual le dan manejo de forma empírica. Generalmente los pequeños productores realizan la recolección de frutas y hortalizas de forma manual, utilizando como recipiente canastillas plásticas, huacales de madera y en algunos casos no utilizan empaque alguno (Escobar Quijano, 2012). Finalmente, en el almacenamiento, la fruta se coloca en el suelo y por lo tanto, la fruta queda expuesta al contacto con materiales y cuerpos extraños. Esto indica un manejo inadecuado para

los productos perecederos en postcosecha dado que no se les proporcionan las condiciones térmicas necesarias para detener la pérdida de sus propiedades fisicoquímicas y biológicas, adicionalmente el producto no tiene la protección de inocuidad adecuada (Gallo, 2015).

Eslabón del intermediario: El aprovisionamiento de fruta fresca a los comerciantes se puede dar directamente por medio de los productores, a través de intermediarios (distribuidoras), o dentro de la misma empresa (productores integrados). Según Calderón González (2017), “la selección de proveedores es el elemento de partida que define estructuralmente el diseño de la cadena frutícola, en conjunto con la ubicación de los mercados y localizaciones intermedias de conversión o manipulación. Identificar potenciales proveedores, actuales y futuros, conlleva al establecimiento de acuerdos contractuales que garanticen rendimientos económicos de la cosecha al productor, especialmente en cultivos de ciclos largos, donde administrar la liquidez del negocio es fundamental”. El aislamiento, la falta de información sobre los precios, los altos costos de transacción y principalmente la dificultad de transporte de los productos permite a los intermediarios imponer sus condiciones de compra a los productores. Si bien en algunas regiones existe un desarrollo progresivo de caminos y se ha extendido la cobertura y la accesibilidad de algunos medios de telecomunicación (como los teléfonos celulares), permitiendo así una mejora relativa del poder de negociación de los productores, la dependencia de los agricultores familiares respecto a los intermediarios sigue siendo muy frecuente en la región. Una de las mayores limitantes sigue siendo la falta de liquidez de las familias productoras y la dificultad de su acceso al crédito en condiciones favorables; “ello empuja a los pequeños productores agropecuarios a los mercados (financieros) informales, caracterizados por su alto costo, su baja transparencia y su vinculación con los otros costos de transacción”. Depender de intermediarios significa la inserción en circuitos largos de comercialización en los que el productor sólo percibe una parte del precio final pagado por el consumidor (CEPAL, 2016).

Eslabón del detallista y consumidor: Los detallistas tienen la necesidad de crear una oferta atractiva a cada tipo de consumidor y que se adapte a sus necesidades específicas exigiendo a los fabricantes lotes de producto a medida de los clientes, empaques especiales, variedad de productos, condiciones óptimas y plazos de entrega determinados (en plataformas o por entrega

directa o en ambos, como en el caso de las grandes superficies) (Mejía Sacaluga et al., 2001). Todos los eslabones de la cadena de abastecimiento citrícola juegan un papel fundamental, para una alta durabilidad según la implementación de parámetros para el manejo adecuado postcosecha; por consiguiente, tener claridad sobre el proceso de intermediación es útil para definir factores posibles de deterioro.

7.5 Postcosecha

Las frutas y hortalizas modifican, alteran o ajustan su comportamiento fisiológico como respuesta obligada de sus células, tejidos y órganos a las nuevas condiciones, tratamientos y manipulación a las que son sometidas, a partir del momento mismo de la cosecha, siendo retiradas de su fuente y medio natural de producción. Estas respuestas se manifiestan a través del cambio, en los procesos bioquímicos normales, entre ellos la respiración. Las frutas siguen un patrón de respiración que los divide en climatéricos y no climatéricos (Rodríguez et al., 2005).

En los períodos de transporte hasta los mercados consumidores, es de fundamental importancia extender la vida útil de los cítricos preservando su calidad. Existe una amplia gama de tecnologías postcosecha muchas de las cuales tienen la potencialidad de adecuarse a las necesidades especiales de productores y comerciantes a pequeña escala. Dado que los frutos cítricos son perecederos es importante alargar su vida de almacenamiento, manteniendo su calidad, tanto de los frutos que se destinan a consumo fresco como aquellos dirigidos a uso industrial. Uno de los procedimientos utilizados para prolongar la vida de los frutos una vez cosechados es a través del almacenamiento refrigerado; sin embargo, temperaturas inferiores a 10°C pueden ocasionar daños por frío en refrigeración convencional (Intriago Zambrano et al., 2014).

7.6 Almacenamiento

La vida de almacenamiento de los cítricos depende de la variedad, el estado de madurez, las condiciones pre cosecha y el manejo post cosecha. Los principales problemas que limitan la calidad de estos frutos durante el almacenamiento son las pudriciones y los desórdenes fisiológicos que se manifiestan en la cáscara. Los factores fisiológicos y biológicos de mayor importancia son la producción de etileno, la velocidad de respiración, la tasa de transpiración y las enfermedades provocadas fundamentalmente por bacterias y hongos. Entre los factores ambientales más importantes están la temperatura, la humedad relativa, la composición y concentración de los gases de la atmósfera alrededor del producto. El manejo de estos factores permite controlar dentro de ciertos límites, el proceso de pérdida de calidad. La industria alimentaria dirige sus investigaciones al desarrollo de tecnologías y a la aplicación de desinfectantes seguros y efectivos, tanto para el lavado como para la conservación de los alimentos (Intriago Zambrano et al., 2014).

7.7 Limón Tahití

El almacenamiento de productos hortofrutícolas a bajas temperaturas es ampliamente usado para extender su vida post cosecha, sin embargo, el daño por frío (DPF) es uno de los principales problemas fisiológicos en los frutos de limón persa relacionados con su almacenamiento, disminuyendo la calidad de los frutos (Castellano et al., 2016).

Los síntomas típicos de daño por frío (DPF) en cítricos son pardeamientos internos o superficiales, generalmente los síntomas por (DPF) no se manifiestan hasta que los frutos se retiran del almacenamiento en refrigeración y se colocan a temperatura ambiente. La relación temperatura-tiempo donde se manifiesta daño por frío en limón es de 10-12 °C, con un lapso de expresión al cabo de 2 días (Domínguez et al., 2003). El acondicionamiento a moderadas temperaturas previas al almacenamiento frigorífico puede aumentar la resistencia al frío.

El cultivo del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka), también conocido como lima de Tahití, limón pérsico o limón sin semilla, constituye una especie de importancia. Entre los países productores están: México, India, Argentina, España, Estados Unidos, Irán, Italia, Brasil, Turquía, Sudáfrica, Venezuela, República Dominicana, Guatemala, entre otros. México es el

mayor productor de limón persa del mundo y también el mayor exportador. El fruto de limón es susceptible a pérdidas de agua por transpiración, diversos daños mecánicos, rozaduras, etc.

7.8 Características físicas de las frutas

Tamaño: Es una caracterización física a la que se aplican parámetros de medición lineales de longitud como son diámetro y largo. En los productos de gran tamaño como las frutas y las hortalizas, se miden los ejes mayor y menor entre sí en la sección transversal del área mayor (Pilla et al., 2014).

Forma: Son rasgos y cualidades físicas que caracterizan a un elemento cualquiera diferenciándolo de otros la forma, textura y estructura de los frutos son casi infinitamente variables y cualquier intento para nombrar y clasificar las diferentes clases será arbitrario e imperfecto. Mediante las dimensiones, así como también su apariencia externa se puede conocer la forma del fruto (Pilla et al., 2014).

Volumen: Es el espacio o porción que ocupa un cuerpo cualquier, es un término usado en la determinación de la compresibilidad de un líquido (Pilla et al., 2014).

Peso: Es una medida de la cantidad de materia que tiene un cuerpo. No depende de las condiciones en que se encuentra un cuerpo (altura, temperatura, etc.). Se mide con las balanzas y se expresa en kilogramos (kg) (Pilla et al., 2014).

Color: Es el cambio más notorio en muchas frutas durante la maduración y con frecuencia es el criterio más utilizado para decidir sobre la madurez de ésta. La transformación más importante es la degradación del color verde. Esta desaparición del color verde está asociada con la síntesis o el desenmascaramiento de pigmentos cuyos colores varían entre el amarillo y el rojo. Los productos no climatéricos presentan cambios en su coloración al transcurrir el tiempo, sin embargo, también existen excepciones como los cítricos de zonas demasiado altas. Un atributo de calidad muy importante de todas las frutas y vegetales y para algunos de ellos es

el atributo crítico de calidad para determinar el grado de frescura del producto. Por lo que, para productos en fresco, el color de la superficie es de primordial importancia, el color es sin duda el primer factor de calidad que percibe el consumidor (Chura et al., 2017).

Textura: La calidad de la mayoría de las frutas depende de varios factores tales como la variedad, las condiciones del clima, la etapa de madurez y las condiciones de almacenamiento. El ablandamiento de las frutas se debe principalmente al proceso de maduración, también ha sido atribuido a cambios en la cantidad y naturaleza de los polisacáridos presentes en la pared celular de las células vegetales. Por otro lado, a medida que el tejido se va ablandando, pierde cohesión y se presenta una disminución en las uniones intermoleculares debido a un incremento en la solubilidad de los constituyentes de la pared celular, primordialmente de la pectina (Chura et al., 2017).

7.9 Características químicas de las frutas

Acidez: Se utiliza para expresar la cantidad de un ácido presente en una disolución dada. El resultado de la acidez se expresa en función de un ácido dado (Chura et al., 2017).

Humedad: El agua en los alimentos se encuentra en dos formas, enlazada y disponible o libre. El agua enlazada incluye moléculas unidas en forma química o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida al alimento y se puede congelar o perder con facilidad en procesos de secado (Chura et al., 2017).

Sólidos totales: El contenido de sólidos totales en un alimento se refiere a todo aquello que no es humedad, es decir la porción seca del mismo (Norma INEN 382) en otras palabras es todo aquello que permanece constante luego de que las muestras han sido sometidas a un proceso de secado o deshidratación.

Sólidos solubles: En las frutas especialmente en las maduras los sólidos solubles tienen importancia por estar formados de compuestos orgánicos que en gran medida determinan, el sabor, el color y en general la calidad de las frutas.

7.10 Vida útil de las frutas

La vida útil es el periodo en que un alimento mantiene características sensoriales y de seguridad aceptables para el consumidor final (que satisfaga sus expectativas), almacenado bajo condiciones óptimas preestablecidas. Algunos sinónimos de vida útil son vida de anaquel y vida en estante. Es necesario el entendimiento de la estabilidad de un producto y los factores que la afectan como composición, procesamiento, envase, humedad, temperatura, lo que puede conducir a la optimización de su vida de útil y las predicciones relacionadas. Los procesos involucrados en la vida útil de un producto son: transferencia de agua (actividad de agua del alimento (a_w) respecto a la humedad relativa del ambiente), hidrólisis de sacarosa, actividad enzimática, degradación de vitaminas, cambios de color/aspecto, cambios de sabor, cambios de textura, crecimiento/actividad microbiana (Anzueto, 2012).

Algunos de los procedimientos comunes para prolongar la vida útil de las frutas tropicales son la refrigeración, las atmósferas modificadas y los recubrimientos. Para la refrigeración el uso de bajas temperaturas es el método más económico para el almacenamiento prolongado de frutas y verduras frescas. El uso de atmósfera modificada se ha generalizado debido que es un proceso sencillo para la conservación. Por lo general se emplean películas de plástico que limitan el intercambio gaseoso y la pérdida de agua, disminuyendo el metabolismo del producto y prolongando su vida útil. Para los recubrimientos se usan películas de diferentes naturalezas, entre ellas la cera y las películas de almidón (Castro et al., 2011).

Los principales problemas que limitan la calidad de cítricos durante el almacenamiento son las pudriciones y los desórdenes fisiológicos como daños por frío y otros que se manifiestan en la cáscara del fruto. Esto genera gran importancia a los recubrimientos o ceras comerciales que se aplican en poscosecha de los cítricos con el objetivo de prolongar la vida comercial del

producto, mejorando la apariencia, evitando daños en la piel por frío y previniendo el desarrollo de hongos patógenos (Hernández et al., 2015).

Domínguez et al. (2003), evaluaron el efecto de diferentes recubrimientos (Goma de mezquite, candelilla, aceite mineral y emulsificantes) y temperaturas de almacenamiento sobre las características de calidad del limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Analizaron el comportamiento de pérdida de peso, color, porcentaje de jugo, acidez titulable, sólidos solubles y la incidencia de daño por frío. Se encontró que el recubrimiento a base de goma de mezquite y la mezcla de cera de candelilla con aceite mineral en proporción 1:1 en combinación con las temperaturas de almacenamiento de 7 y 10 °C, disminuyeron la pérdida fisiológica de peso y el daño por frío.

7.11 Diseño de experimentos

La experimentación forma parte natural de la mayoría de las investigaciones científicas e industriales, en muchas de las cuales, los resultados del proceso de interés se ven afectados por la presencia de distintos factores, cuya influencia puede estar oculta por la variabilidad de los resultados muestrales. Es fundamental conocer los factores que influyen realmente y estimar esta influencia. Para conseguir esto es necesario experimentar, variar las condiciones que afectan a las unidades experimentales y observar la variable respuesta. El propósito de realizar un experimento es (Oehlert, 2010):

1. Los experimentos permiten establecer una comparación directa entre los tratamientos de interés.
2. Se pueden diseñar experimentos para minimizar cualquier sesgo en la comparación.
3. Se pueden diseñar experimentos para que el error en la comparación sea pequeño.

4. Lo más importante, se controlan los experimentos y esto permite hacer inferencias más fuertes sobre la naturaleza de las diferencias que se observan en el experimento.

Las etapas por seguir en la planificación de un diseño experimental son las siguientes (Kuehl, 2001):

- Definir los objetivos del experimento. Identificar todas las posibles fuentes de variación, incluyendo factores y sus niveles.
- Elegir una regla de asignación de las unidades experimentales a las condiciones de estudio (tratamientos).
- Especificar las medidas con que se trabajará (la respuesta), el procedimiento experimental y anticiparse a las posibles dificultades.
- Ejecutar un experimento piloto.
- Especificar el modelo.
- Esquematizar los pasos del análisis.
- Determinar el tamaño muestral.

7.12 Normas

Norma Técnica Colombiana (NTC) 4623 “Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable”.

La presente norma especifica dos métodos de determinación de la acidez titulable en los productos de frutas y verduras:

- Método potenciométrico de referencia.
- Método de rutina, que utiliza indicador coloreado.

Por acuerdo, el segundo método no debe aplicarse a vinos.

En el caso de algunos productos coloreados, puede ser difícil determinar el punto final de la titulación utilizando el segundo método; por lo tanto, se recomienda usar el primero.

Norma Técnica Colombiana (NTC) 4087 “Frutas frescas. Lima Tahití. Especificaciones”.

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la lima Tahití (*Citrus aurantifolia* Swingle), destinada para el consumo en fresco o como materia prima para procesamiento.

Para efectos de la presente norma se consideran las siguientes definiciones:

Cáliz: verticilo externo de la envoltura floral, que se compone de sépalos u hojas florales generalmente verdes y de consistencia herbácea.

Fruto no climatérico: se refiere a los productos que, al ser cosechados, presentan una disminución de la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios principalmente en los contenidos de azúcares y ácidos.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Soluble Solids by Refractometer-Official First Action (Sólidos solubles en Refractómetro). Norma 22.024 Frutas frescas y enlatadas, jaleas de fruta, Mermeladas y Conservas.

La Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC) es una organización científica única y sin fines de lucro cuyo objetivo principal es satisfacer las necesidades de los organismos reguladores y de investigación del gobierno en cuanto a métodos analíticos. El objetivo de la Asociación es proporcionar métodos que funcionen con la precisión y precisión necesarias en las condiciones de laboratorio habituales. Desde su formación en 1884, la AOAC ha proporcionado un mecanismo seleccionar métodos de análisis de la literatura publicada o desarrollar nuevos métodos, evaluarlos en colaboración mediante estudios interlaboratorio, aprobarlos y publicar los métodos aprobados para una amplia variedad de materiales relacionados con alimentos, medicamentos, cosméticos, agricultura, ciencia forense y productos que afectan la salud y el bienestar públicos.

8. CARACTERIZACIÓN

8.1 Situación de la cadena de abastecimiento en Colombia

La producción de cítricos en Colombia ha mostrado un aumento en la participación del sector agrícola total y en el subsector citrícola; además las importaciones han crecido en gran proporción mientras las exportaciones tienen un comportamiento decreciente dejando el sector en déficit comercial. De hecho, a pesar de las ventajas comparativas que ofrecen muchas regiones del país para el desarrollo citrícola, la falta de escalas comerciales significativas, la alta dispersión geográfica de la producción, la falta de gestión empresarial y de desarrollo tecnológico, hacen que la producción y comercialización de cítricos sean poco competitivas en el mercado nacional e internacional. Colombia cuenta con las condiciones adecuadas para ser competitiva en la industria citrícola, pero tiene limitantes en la capacidad de generar volumen constante, en las variedades que requiere el mercado mundial y en la oferta de calidad del producto; esto genera un interés en los países vecinos como Ecuador, Perú y Brasil de ver a Colombia como un potencial país para exportar su producción de cítricos. Viéndolo desde una perspectiva geográfico-regional, Colombia ha tenido un gran desarrollo en los últimos años en el cultivo de cítricos con acompañamiento de la política diversificadora de cultivos tradicionales en todas las regiones del país. Gracias, entre otros aspectos, a las ventajas comparativas del trópico: luminosidad, pluviosidad, temperaturas y horas de luz, además de excelentes condiciones agroecológicas y de suelos, caracterizadas por el cultivo citrícola. Aun contando con estas ventajas comparativas que ofrecen muchas regiones del país, existen algunos factores que limitan la competitividad del sector, representados principalmente en la falta de escalas comerciales, alta dispersión geográfica de la producción, la falta de gestión empresarial y de desarrollo tecnológico (Peña et al., 2017).

En Colombia, se cultivan cítricos en 20 departamentos; no obstante, la producción se encuentra concentrada en unos pocos. En el Valle del Cauca se siembra 37% de la producción total de cítricos del país y, junto con Antioquia y los departamentos del eje cafetero, genera 72% de la producción (Peña et al., 2017).

El sector cítricola cuenta con dos gremios eje en Colombia: Asohofrucol y Asocítricos. Existe también el Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, un fondo parafiscal administrado por Asohofrucol, cuyos objetivos son: promover la investigación, prestar asistencia técnica, transferir tecnología, capacitar, acopiar y difundir información, estimular la formación de empresas comercializadoras, canales de acopio y distribución, apoyar las exportaciones y propender por la estabilización de precios de frutas y hortalizas para el desarrollo del subsector, de manera que se consigan beneficios tanto para los productores como para los consumidores nacionales.

8.2 Postcosecha de cítricos

Las frutas y hortalizas modifican, alteran o ajustan su comportamiento fisiológico como respuesta obligada de sus células, tejidos y órganos a las nuevas condiciones, tratamientos y manipulación a las que son sometidas, a partir del momento mismo de la cosecha, siendo retiradas de su fuente y medio natural de producción. Estas respuestas se manifiestan a través del cambio, en los procesos bioquímicos normales, entre ellos la respiración. Las frutas siguen un patrón de respiración que los divide en climatéricos y no climatéricos (Rodríguez et al., 2005).

Después de la cosecha los cítricos evolucionan hacia la senescencia con pérdida gradual de calidad comercial debido a pérdida de peso y textura por deshidratación, ablandamiento del fruto, deformación, envejecimiento de la cáscara; incremento de alteraciones fisiológicas, podredumbres, aumento en el índice de madurez por disminución del contenido de ácido cítrico, pérdidas de sabor y aroma, reducción del contenido de vitamina C, disminución del valor alimenticio. Por lo tanto, para favorecer la conservación en los períodos de transporte hasta los mercados consumidores, es de fundamental importancia extender la vida útil preservando su calidad. Las condiciones locales en que se pueden encontrar inmersos los gestores a pequeña escala pueden incluir un excedente de mano de obra, falta de crédito para la

inversión en tecnologías postcosecha, falta de opciones de transporte, de instalaciones de almacenaje y/o de materiales de empaque, así como un cúmulo de otras limitaciones.

El principal objetivo de la tecnología de postcosecha es desarrollar métodos para reducir el deterioro de los productos durante el periodo entre la recolección y el consumo. Esto requiere un conocimiento profundo de la estructura, composición, bioquímica y fisiología del producto hortofrutícola, dado que estas tecnologías están enfocadas sobre todo a reducir la tasa de metabolismo del producto sin inducir situaciones anormales. A pesar de que existe una estructura y metabolismo básico común a todos los productos, las tecnologías postcosecha deben ser desarrolladas teniendo en cuenta las diferencias que existen entre los productos hortofrutícolas, entre diferentes cultivares de un mismo producto e inclusive entre estados de madurez, zonas de crecimiento y estaciones. El periodo de vida útil de los productos hortofrutícolas está directamente relacionado con la tasa de respiración, así cuanto más alta es la tasa de respiración más perecedero es el fruto. Por esto gran parte de la tecnología postcosecha se basa en provocar una reducción de la respiración y, por lo tanto, una reducción en el metabolismo, mediante la manipulación de las condiciones externas. La respiración puede estar afectada por muchos factores, siendo los más importantes la temperatura, la composición atmosférica y el estrés físico (Peña et al., 2017).

Existe una amplia gama de tecnologías postcosecha que tienen la potencialidad de adecuarse a las necesidades especiales de productores y comerciantes a pequeña escala. Dado que los frutos cítricos son perecederos es importante alargar su vida de almacenamiento, manteniendo su calidad, tanto de los frutos que se destinan a consumo fresco como aquellos dirigidos a uso industrial. Uno de los procedimientos utilizados para prolongar la vida de los frutos una vez cosechados es a través del almacenamiento refrigerado; sin embargo, temperaturas inferiores a 10°C pueden ocasionar daños por frío en refrigeración convencional (Intriago Zambrano et al., 2014). En la Figura 1 se presentan los 4 eslabones de la cadena de abastecimiento estudiada:

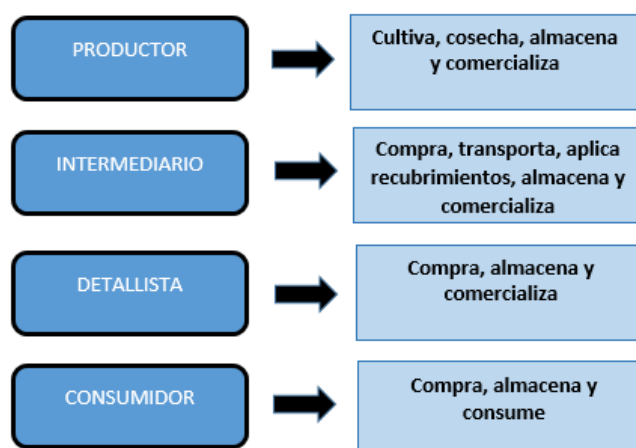


Figura 1. Actividades que desarrolla cada eslabón de la cadena de abastecimiento cítrica.

Fuente: Desarrollo del autor

Eslabón del productor:

Los pequeños productores constituyen una buena parte del sector frutícola en Colombia, estos se caracterizan por tener un pequeño cultivo de alguna variedad de fruta u hortaliza al cual le dan manejo de forma empírica; la comercialización se da por lo general de manera verbal, el detallista visita los cultivos y compra la cosecha al pequeño productor, por lo general por bajos precios, ya que el detallista es el encargado de distribuir a pequeños mercados de frutas y hortalizas para finalmente estos vender al consumidor final, allí es donde se genera la mayor utilidad de la cadena. Estos productos son de tipo perecederos por lo que su comercialización debe ser muy rápida, los productores prefieren vender sus productos a detallistas los cuales les compran todo el producto y regresan pronto a sus hogares ya que venderlo al consumidor, representa para ellos una inversión de tiempo mucho mayor (Agricultores del Valle del Cauca).

Generalmente los pequeños productores realizan la recolección de frutas y hortalizas de forma manual, utilizando como recipiente canastillas plásticas, huacales de madera y en algunos casos no utilizan empaque alguno. Finalmente, en el almacenamiento, la fruta es colocada en el suelo y por tanto, queda expuesta al contacto con materiales y cuerpos extraños. Esto indica un manejo inadecuado para los productos perecederos en postcosecha dado que no se les está proporcionando las condiciones térmicas necesarias para detener la pérdida de sus propiedades

biológicas, adicionalmente el producto no tiene la protección de inocuidad adecuada (Gallo, 2016).

Eslabón del intermediario: El aprovisionamiento de fruta fresca hacia los comerciantes se puede hacer por medio directo de los productores, intermediarios (distribuidoras), o dentro de la misma empresa (productores integrados). Según Calderón (2017), “la selección de proveedores es el elemento de partida que define estructuralmente el diseño de la cadena frutícola, en conjunto con la ubicación de los mercados y localizaciones intermedias de conversión o manipulación. Identificar potenciales proveedores, actuales y futuros, conlleva al establecimiento de acuerdos contractuales que garanticen rendimientos económicos de la cosecha al productor, especialmente en cultivos de ciclos largos, donde administrar la liquidez del negocio es fundamental. Depender de intermediarios significa la inserción en circuitos largos de comercialización en los que el productor sólo percibe una parte del precio final pagado por el consumidor (CEPAL, 2016).

Eslabón del detallista: Los detallistas tienen la necesidad de crear una oferta atractiva a cada tipo de consumidor y que se adapte a sus necesidades específicas exigiendo a los fabricantes lotes de producto a medida de los clientes, empaques especiales, variedad de productos, condiciones óptimas y plazos de entrega determinados (en plataformas o por entrega directa o en ambos, como en el caso de las grandes superficies) (Mejía Sacaluga et al., 2001). Todos los eslabones de la cadena de abastecimiento citrícola juegan un papel fundamental, para una alta durabilidad según la implementación de parámetros para el manejo adecuado poscosecha; tener claridad sobre el proceso de intermediación es útil para definir factores posibles de deterioro y mejorar los procesos para una mejor toma de decisiones.

Eslabón del consumidor: Los consumidores son quienes eligen y compran el producto. Una vez seleccionan su compra, almacenan en casa generalmente en el refrigerador durante un periodo de 5 a 15 días, en el transcurso de este almacenamiento consumen el producto (Limón Tahití).

8.3 Taxonomía

En la taxonomía se identificaron las variables estudiadas por diferentes autores para determinar la vida útil de frutas, especialmente para productos cítricos. Estas variables son: peso de semillas, grosor de la cáscara, contenido de jugo, contenido de pulpa, contenido de cáscara, peso, diámetro (polar y ecuatorial), volumen, densidad, color, luminosidad, firmeza, sólidos solubles, contenido de materia seca, contenido de humedad, acidez titulable, pH, índice de madurez, contenido de vitamina C, contenido de carotenoides, tasa de respiración, tasa de producción de etileno, picadura de cáscara, daño por frío (DF) y textura.

El deterioro de las frutas y hortalizas tiene influencia de una serie de factores ambientales: temperatura, tanto alta como baja, humedad la composición del aire y más particularmente el oxígeno, la luz, el tiempo (Castellano et al., 2016). Las causas del deterioro de las frutas y hortalizas presentan un carácter diferente dependiendo del tipo de cambios que intervengan. Para evitar estas alteraciones es necesario establecer un adecuado manejo postcosecha, el cual es necesario establecer operaciones de postcosecha, donde tengan un control de riguroso de la calidad de las frutas y hortalizas. A continuación, se presentan estudios relacionados con la vida útil de los cítricos en los cuales hacen aplicación de recubrimientos, combinaciones de temperaturas y diferentes periodos de tiempo de almacenamiento.

Tabla 1. Recopilación bibliográfica de documentos referentes.

Fuente: Desarrollo del autor

Autores	Variables estudiadas	Herramienta / método de solución
Coelo Salazar Sully Caroly, 2014.	Sólidos solubles, pérdida de peso, tamaño, índice de madurez, densidad, contenido de jugo y volumen.	Modelación matemática.
Ángel Guadarrama et al, 2013.	Firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pérdida de peso, color, carotenoides y respiración.	Se utilizó un diseño completamente al azar y los resultados se evaluaron mediante análisis de regresión y correlación.
Bahareh Saberi,et al, 2018.	Firmeza, pérdida de peso, producción de etileno, picadura de cáscara, tasa de descomposición y respiración.	Experimentación y mediciones periódicas por ciclos establecidos para cada variable estudiada, revisando comportamientos de crecimiento y decrecimiento en el tiempo.
Pedro Andrés Arévalo et al, 2016.	Firmeza, acidez titulable, pérdida de peso, color y porcentaje de jugo.	Diseño experimental en bloques.
A. Marcilla y M.A. del Río, 2006.	Firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pérdida de peso, índice de madurez, etanol y análisis sensorial.	Análisis de la varianza (ANOVA). Se utilizó el procedimiento de comparaciones múltiples con intervalos LSD (diferencia mínima significativa) con un nivel de confianza del 95%.

CONTINUACIÓN		
Autores	Variables estudiadas	Herramienta / método de solución
Glady Castellano y cols, 2016.	Firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, tamaño, biomasa fresca inicial y final (BMFi-BMff)	Se midió la biomasa fresca del fruto (BMff), pérdida de biomasa fresca (PBMf), firmeza de la cáscara (F), porcentaje de cáscara (PC), porcentaje de pulpa o residuos (PP) y porcentaje de jugo (PJ).
Fortiz Hernández, et al, 2011.	Firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pérdida de peso, índice de madurez, color, incidencia de pudriciones, daño por frío y por manchado	Se utilizó un diseño experimental en bloques, con dos tratamientos que fueron encerado comercial y quitosano; el período de almacenamiento (efecto del tiempo) fue el bloque. Se realizó un análisis de varianza por modelos lineales generales (GLM) a un nivel de probabilidad del 5%.
Gema Jeniffer Moreira Párraga et al, 2014.	Ácido titulable, sólidos solubles, índice de madurez, pH.	Diseño experimental
Molina García María Alexandra et al, 2014.	Ácido titulable, sólidos solubles, pérdida de peso, índice de madurez, daño por frío y pH.	Se utilizó en la investigación el Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial A*B con tres réplicas por cada tratamiento.
M. Chafer, et al, 2012.	Firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pérdida de peso, color, Ph, porcentaje de jugo y Velocidad de respiración.	Análisis de varianza multifactorial con un nivel de significación del 95% utilizando Statgraphics_R Plus 5.1.

Según la revisión bibliográfica de los estudios relacionados con la vida útil de los cítricos, se determinó que las variables fisicoquímicas más relevantes que se presentan en los estudios para determinar el efecto de cada factor del entorno que se les proporcione a los frutos en postcosecha son: peso, color, firmeza, diámetro (polar y ecuatorial), sólidos solubles y acidez total titulable. Estas variables deben evaluarse en los diferentes eslabones de la cadena de abastecimiento objeto de estudio, y deben adaptarse a las condiciones de la cadena de abastecimiento cítrica del Valle del Cauca a estudiar. Anexando el análisis sensorial (textura, sabor, olor, aceptabilidad global visual) para conocer la aceptabilidad por parte del consumidor.

En los frutos la actividad respiratoria está estrechamente relacionada con los cambios en la maduración, calidad y vida útil postcosecha. Si se conoce previamente el patrón respiratorio de un fruto en particular, se puede predecir el momento oportuno de la cosecha con mayor precisión; la textura, contenido de carotenoides, sólidos solubles totales y acidez titulable son aspectos que normalmente se utilizan para determinar la madurez óptima para la cosecha de los frutos. Guadarrama et al. (2013) realizaron un estudio para analizar algunas características fisiológicas, físicas y químicas de los frutos de naranjita china (*Citrus x microcarpa Bunge*) que a la vez puedan servir de estímulo para la realización de estudios posteriores que contribuyan a un mejor conocimiento científico de la fisiología postcosecha de este rubro frutícola.

8.3.1 Recubrimientos

El principal beneficio del encerado de frutas y hortalizas es la reducción de la pérdida de peso durante el almacenamiento causada principalmente por el proceso de transpiración. Esta disminución de pérdida de peso puede ser atribuida a la barrera al vapor de agua creada por la cera en la epidermis del producto hortícola. Sin embargo, la eficacia de la cera en reducir la pérdida de peso depende del tipo de fruto, grosor y permeabilidad de la cubierta utilizada, y de la temperatura de almacenamiento (Hernández et al., 2014).

Los revestimientos en naranjas no condujeron a ningún cambio relevante en el desarrollo de los parámetros de calidad de la muestra a lo largo del almacenamiento en frío, excepto por una pérdida levemente reducida de peso y firmeza con revestimientos que contienen aceite de bergamota (Cháfer et al., 2012).

La aplicación comercial de ceras no sólo reduce la pérdida de peso y la contracción, sino que también mejora el brillo. Sin embargo, se ha demostrado que algunas ceras alteran negativamente la atmósfera interna de la fruta al inducir el desarrollo anaeróbico de sabor desagradable con la restricción del intercambio de gases respiratorios (Saberí et al., 2018).

8.3.2 Temperatura

Generalmente, los síntomas de daños por frío no se manifiestan hasta que los frutos son retirados del almacenamiento en refrigeración y son colocados a temperatura ambiente. La relación tiempo-temperatura donde se manifiesta daño por frío en limón es de 10 - 12°C, con un lapso de expresión al cabo de 2 días. Las variables evaluadas en común son diámetro, firmeza, peso, sólidos solubles, y acidez titulable. Basado en los resultados de este estudio, el limón persa puede almacenarse a temperaturas entre 10 y 18°C, sin perder sus características de calidad (Castellano, 2016).

Del estudio realizado por Molina et al. (2014) se obtuvo una guía de la temperatura de refrigeración óptima para el almacenamiento de naranjas (8°C) lo cual es necesario para tomar decisiones en cuanto a la temperatura aplicada para simular los eslabones de comercialización del fruto para no incurrir en daños por frío y pérdidas económicas por el deterioro de la vida comercial del fruto. Se evaluó el efecto de agentes de recubrimiento en la postcosecha de naranjas criollas (*Citrus sinensis* L.) almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración (8°C) para prolongar su vida útil. Para las variables evaluadas no hubo diferencia significativa en cuanto a la pérdida fisiológica de peso, el mejor tratamiento para sólidos solubles (°Brix), sólidos totales y daño por frío fue para naranjas recubiertas almacenadas entre 1 y 8°C); para índice de madurez y acidez total fue el mejor tratamiento se obtuvo para muestras recubiertas almacenadas entre 2 y 8°C), para el pH el mejor tratamiento fue para muestras sin

recubrimiento a 8°C. La temperatura óptima de almacenamiento para naranjas criollas fue de 8°C (Molina, 2014).

9. MODELOS REFERENTES

Después de realizar un análisis de los documentos referentes encontrados sobre cadena de abastecimiento cítrica y determinación de vida útil, se tomaron dos documentos como base referente encargados de confirmar factores comunes entre los estudios realizados, el primero titulado Caracterización fisicoquímica en postcosecha de diferentes materiales de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*) para exportación (Parra et al, 2016), el cual aporta variables de medición y el segundo documento titulado Aplicación de recubrimientos comestibles biocompuestos a base de almidón de guisante y goma guar sobre la calidad, capacidad de almacenamiento y vida útil de las naranjas Valencia (Saberí et al, 2018), en éste se realiza un análisis sensorial que sirve como referente para este estudio.

1. Caracterización fisicoquímica en postcosecha de diferentes materiales de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*) para exportación (Parra et al, 2016).

En el trabajo realizado en este artículo se empleó un diseño experimental en bloques al azar, con seis patrones diferentes de lima por parcela, en cuatro replicaciones. La toma de muestras se realizó teniendo en cuenta la época de floración, cosechando a mano los frutos entre los 110 y 120 días después de floración. Durante la recolección en campo los frutos fueron cosechados seleccionando aquellos de apariencia redonda, que parezcan pesados para su tamaño, cáscara firme, piel lisa, brillantes y de color verde oscuro intenso, tal como lo recomiendan los manuales de postcosecha.

Se realizaron dos muestreos: el primero, en el momento de la cosecha comercial oportuna (110 - 120 días después de floración), colectando 360 frutos en total, correspondientes a tres limones por árbol y patrón, para cinco tiempos de almacenamiento, para cada uno de los seis patrones en las cuatro replicaciones. En el segundo, se recolectaron 1.152 frutos en total, cosechando tres frutos por árbol a cada uno de los seis patrones, en cuatro momentos diferentes 1, 3, 6 y 9 días antes de cosecha oportuna (dac), para cuatro lecturas de tiempo de almacenamiento (0, 15, 30 y 45 días después de cosecha, ddc) y cuatro replicaciones. Por último, los frutos recolectados fueron almacenados en una bodega sin refrigeración y bajo condiciones

ambientales de la ciudad de Bogotá (temperatura media de 14°C y humedad relativa media de 70%).

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño de bloques completos al azar en cuatro replicaciones usando ANOVA de una vía seguido por una separación de medias usando LSD (Least Square Difference) ($\alpha=0,05$). Los análisis se realizaron para todas las variables descritas independientemente para comparar los diferentes tiempos en días después de cosecha o días antes de cosecha por cada uno de los patrones. Adicionalmente, se hizo un análisis para comparar patrones para cada uno de los días después de cosecha o días antes de cosecha. Los datos se analizaron en JMP 11.0.0 (SAS Institute, 2013), fueron evaluados por variable y en caso de encontrar valores atípicos, estos fueron eliminados luego de evaluar las razones.

Las variables estudiadas fueron: peso individual del fruto, diámetro (Polar y ecuatorial), grosor de la cáscara, color, porcentaje de jugo, contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT) y firmeza. Para la variable color utilizaron una escala de color, en la cual se hacía una selección de frutos fuera de norma como se observa en la figura 2.



Figura 2. Escala de color de limón Tahití del Tolima.

0: Verde oscuro. 1: Verde. 2: Verde claro. 3: Pocos visos amarillos. 4: Muchos visos amarillos. 5: Amarillo verdoso. 6: Amarillo.

Fuente: Caracterización fisicoquímica en postcosecha de diferentes materiales de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*) para exportación, Parra et al, 2016.

2. Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of 'Valencia' oranges (Aplicación de recubrimientos comestibles biocompuestos a base de almidón de guisante y goma guar sobre la calidad, capacidad de almacenamiento y vida útil de las naranjas Valencia) (Saber et al, 2018).

Algunos resultados de experimentos han demostrado beneficios de la aplicación de revestimientos comestibles en el mantenimiento de la calidad de la fruta durante el almacenamiento y la vida útil. Bajos niveles de las tasas de respiración en fruta recubierta reflejan la capacidad del revestimiento para modificar la atmósfera interna de la fruta como una barrera de gas de protección. Para este propósito, Saber et al., 2018, investigaron la influencia de la goma de guisante de guar y guisante (PSGG), goma de guisante de guar-goma laca (PSGG-Sh) y recubrimiento compuesto de bicapa (PSGG / Sh), formado al aplicar primero PSGG y luego goma laca (Sh) en comparación con la fruta recubierta con cera comercial y fruta no recubierta (control) para mantener la calidad de las naranjas frescas 'Valencia' durante cuatro semanas a 20°C y cuatro semanas de almacenamiento a 5°C seguido de una semana a 20°C, simulando la vida útil de comercialización.

La incorporación de compuestos lipídicos en los recubrimientos de PSGG dio como resultado un rendimiento óptimo en la reducción de la tasa de respiración de la fruta, producción de etileno, pérdida de peso y firmeza, picadura de la cáscara e índice de la tasa de pudrición de las naranjas recubiertas.

Para el diseño experimental se aplicaron cinco series de tratamientos en naranjas: (i) PSGG; (ii) PSGG-Sh; (iii) formulación bicapa de PSGG como una capa interna con solución de Sh como una capa externa (PSGG / Sh); (iv) CW (cera comercial, a base de goma laca 'Citrus Gleam') y (v) agua destilada que actúa como control. Cada tratamiento para cada condición de almacenamiento incluyó 128 naranjas con 8 naranjas por bolsa plástica con redes. Hubo cuatro réplicas por tratamiento con cada bolsa considerada como una única réplica. Los datos se registraron antes del tratamiento (día 0) y a intervalos de 7 d (cuatro eliminaciones) durante un almacenamiento de hasta cuatro semanas a 20°C y una humedad relativa (HR) del 90-95%. Otro conjunto de naranjas tratadas también se almacenó durante 1, 2, 3 y 4 semanas a 5°C y

90-95% de humedad relativa, seguidas de una semana adicional a 20°C para simular las condiciones de comercialización y comercialización minorista.

Saberi et al, 2018, realizaron diversas evaluaciones subjetivas a los tratamientos aplicados, de las cuales se tomó la evaluación sensorial como referente para la actual investigación. La evaluación sensorial de la fruta se realizó antes del tratamiento (día 0) y después de una semana a 20°C después de la eliminación del almacenamiento en frío. El panel involucró a doce miembros (6 mujeres y 6 hombres), con edades comprendidas entre los 25 y los 65 años y que están familiarizados con la evaluación sensorial de los cítricos. Los frutos se llevaron a temperatura ambiente y se pelaron a mano, se cortaron por la mitad transversalmente, la mitad se usó para el análisis sensorial y la otra mitad se usó para otras medidas de calidad. La fruta se separó en segmentos individuales y dos segmentos de dos frutas diferentes se presentaron a los panelistas en vasos de plástico codificados de 60 ml. En cada sesión de cata, los panelistas recibieron una hoja de calificación con información sobre el procedimiento de evaluación, además de instrucciones verbales generales y aclaraciones individuales según sea necesario. A los panelistas se les pidió que calificarán su grado de gusto por el sabor general de las muestras en una escala hedónica de 9 puntos (1 = "aversión extrema", 9 = "comería extremadamente"). Además, cada panelista marcó una escala no estructurada de 10 cm, con los puntos de anclaje 'ninguno' y 'muy fuerte' para mal sabor y 'no fresco' y 'muy fresco' para frescura, y los datos sensoriales se registraron como distancias (mm) desde el origen. Cinco muestras en cada tiempo de degustación se presentaron en una secuencia aleatoria para evitar cualquier sesgo posicional. A los panelistas se les pidió que se limpiarán el paladar con un bocado de galleta salada baja en sal, un sorbo de agua mineral a temperatura ambiente y un pequeño intervalo de tiempo entre las muestras. Las respuestas promedio de los panelistas se consideraron para cada atributo.

10. EVALUACIÓN DEL SISTEMA OBJETO DE ESTUDIO CON RESPECTO AL MODELO REFERENTE

El modelo de referencia (Parra et al, 2016), realiza una caracterización físicoquímica en postcosecha de diferentes materiales de lima tahití para cumplir con los estándares establecidos en la exportación, por medio del estudio de vida útil con un diseño experimental.

El objetivo de este estudio es determinar la vida útil del limón tahití en una cadena de abastecimiento citrícola de cuatro eslabones (productor, intermediario, detallista y consumidor) con el fin de recolectar información de calidad en la que el pequeño productor pueda tomar decisiones. Se tomó como guía el estudio de (Parra et al, 2016), ésta investigación es de gran utilidad como referente, ya que estudia la etapa de postcosecha del limón tahití determinando las variables responsables del deterioro y los tratamientos ideales para la conservación de las características físicas y químicas del fruto, lo que lleva a una prolongación de la vida útil y comercial de los cítricos. Las variables del fruto fueron evaluadas en diferentes momentos de cosecha y durante almacenamiento (30 - 45 días) para que el fruto tenga las condiciones óptimas de exportación. Las variables estudiadas en común fueron Diámetro, peso del fruto, acidez total titulable y firmeza del fruto.

(Saberri et al, 2018) estudian variables subjetivas del fruto, a partir de la aplicación de revestimientos comestibles en el mantenimiento de la calidad de la fruta durante el almacenamiento y la vida útil. En la presente investigación se realizó una evaluación sensorial (color, olor, apariencia, sabor) tomando como guía este estudio.

11. METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

A continuación, se presenta el detalle de los pasos a seguir para la realización de un diseño de experimentos que permita analizar las variables propuestas y obtener los resultados asociados a las pruebas realizadas al fruto objeto de estudio.

11.1 Preparación de las muestras

Para los tratamientos sin recubrimiento se utilizará limón Tahití recién cosechado obtenido en Andalucía (Valle) con un peso promedio de 85 g /unidad. Para los tratamientos con recubrimiento se comprarán a un intermediario los frutos recubiertos.

11.2 Instrumentos y equipos

Para la recolección de datos necesarios para la realización del diseño de experimentos, se hicieron mediciones y pruebas en el laboratorio cada semana de las muestras de limón Tahití. De acuerdo a la variable estudiada estos son los materiales utilizados:

- Pérdida de peso:
 - ✓ Balanza analítica digital: Una balanza analítica es una clase de balanza de laboratorio diseñada para medir pequeñas masas, en un principio de un rango menor del miligramo (y que hoy día, las digitales, llegan hasta la diezmilésima de gramo: [0,0001 g o 0,1 mg]). Los platillos de medición de una balanza analítica están dentro de una caja transparente provista de puertas para que no se acumule el polvo y para evitar que cualquier corriente de aire en la habitación afecte al funcionamiento de la balanza.
 - ✓ Muestras (limones) de seguimiento.
- Diámetro polar y ecuatorial:
 - ✓ Pie de rey digital: el pie de rey digital es un instrumento portátil para medir dimensiones lineales exteriores, interiores y de profundidad. El sistema de medida es directo. Consta de una regla graduada con dos contactos perpendiculares a la regla, uno fijo y otro móvil; sobre el último va montado un nonius para aumentar la resolución de la medida.

- ✓ Muestras (limones) de seguimiento.
- Sólidos solubles totales:
 - ✓ Refractómetro digital: El Refractómetro Digital es un instrumento óptico para medición de azúcar que emplea las mediciones del índice de refracción para desplegar el contenido de azúcar.
 - ✓ Exprimidor.
 - ✓ Colador.
 - ✓ Cuchillo.
 - ✓ Muestras para destrucción.
- Firmeza:
 - ✓ Texturómetro: Equipo que permite medir la dureza, elasticidad, adhesividad, fragilidad y gomosidad de un alimento.
 - ✓ Muestras para destrucción.
- Color:
 - ✓ Colorímetro: El colorímetro también es un instrumento que permite medir la absorbancia de una disolución en una frecuencia de luz específica.
 - ✓ Muestras (limones) de seguimiento.
- Acidez total titulable:
 - ✓ Erlenmeyer.
 - ✓ Bureta.
 - ✓ Probeta.
 - ✓ Beaker.
 - ✓ Jeringa.
 - ✓ Balanza analítica digital.
 - ✓ NaOH: Hidróxido de sodio.

- ✓ Fenolftaleína: La fenolftaleína, de fórmula $C_{20}H_{14}O_4$, es un indicador de pH que en disoluciones ácidas permanece incoloro, pero en disoluciones básicas toma un color rosado con un punto de viraje entre pH=8,2 (incoloro) y pH=10 (magenta o rosado). Sin embargo, en pH extremos (muy ácidos o básicos) presenta otros virajes de coloración: la fenolftaleína en disoluciones fuertemente básicas se torna incolora, mientras que en disoluciones fuertemente ácidas se torna naranja.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Exprimidor.
- ✓ Cuchillo.
- ✓ Colador.
- ✓ Muestras para destrucción.

11.3 Diseño experimental

Se realizará un diseño experimental factorial en bloques 2 x 2 (recubrimiento y temperatura en el eslabón detallista). Se tomará el tiempo de almacenamiento como un factor bloque. Se evaluarán 5 tiempos (1, 4, 7, 14, 21 días), simulando cada eslabón de la cadena de abastecimiento citrícola. Se realizarán dos réplicas de cada experimento. Se requieren 21 muestras por tratamiento (unidad experimental).

Para los tratamientos en los eslabones del productor e intermediario tendrán un tiempo de almacenamiento de 3 días a una temperatura de 30°C, en el eslabón del detallista el tiempo de almacenamiento será de 4 días a temperaturas de 23°C y 30°C y en el eslabón del consumidor el tiempo de almacenamiento será 7 días a una temperatura de 5°C.

Tabla 2. Diseño experimental para determinar la vida útil del limón Tahití en una cadena de abastecimiento cítrica.

Fuente: Desarrollo del autor

FACTORES	NIVELES
Recubrimiento	Sin recubrimiento
	Con recubrimiento
Temperatura (°C) (únicamente durante el almacenamiento correspondiente al eslabón detallista)	23
	30
Tiempo de almacenamiento (días)	1 (Productor)
	4 (Intermediario)
	8 (Detallista)
	22 (Consumidor)

11.4 Variables de respuesta

Se evaluarán los siguientes parámetros de calidad en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de alimentos de la Universidad del Valle:

Pérdida de peso

En los días 1, 4, 7, 14, 21 de almacenamiento, se pesarán 3 frutas por tratamiento, empleando una balanza analítica (METTLER TOLEDO AB204-S/FACT (± 0.1 mg)). La pérdida fisiológica de peso se reporta según la siguiente ecuación:

$$P_p(\%) = \frac{(M_o - M_f)}{M_o} (100)$$

Donde:

$P_p(\%)$: Porcentaje de pérdida de peso.

M_o : Peso inicial de la fruta.

M_f : Peso final de la fruta.

Firmeza de la fruta

La determinación de la firmeza en la fruta entera se realizará por compresión unidireccional, empleando un texturómetro digital (SHIMADZU EZ TEST, modelo: SM-500 N-168). Se empleará un punzón de 10 cm de largo y 1 mm de diámetro, una velocidad de 50 mm/s y una profundidad de penetración de 10 mm.

Color de la cáscara

La determinación de color se realizará empleando un colorímetro (COLORFLEX HUNTERLAB 45/0), con resolución espectral de 10 nm, rango de fotometría entre 0 y 150%, rango espectral de 400 nm a 700 nm. Se tomarán tres medidas en diferentes partes del fruto entero y se registrarán los parámetros L, a y b, basándose en el modelo CIELab.

Acidez total titulable

Se colocarán 50 ml de NaOH (0,1N) en una bureta de 50 ml, posteriormente se mezclarán 250 ml de agua destilada con 2,7 ml de fenolftaleína en un beaker de 500 ml, se filtrará en un vaso desechable zumo de limón y se pesarán 10 g en un beaker de 50 ml, se agregarán el limón a la mezcla de agua destilada y fenolftaleína y se mezclarán. Se diluirán 3 ml de dicha solución con 20 ml de agua destilada en un erlenmeyer de 250 ml, se realizará la titulación con el NaOH. Se reporta como contenido de ácido cítrico calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$A_A\% = (V_{NaOH})(N_{NaOH})(0.064)(W)$$

Donde:

$A_A\%$: Ácido cítrico.

V_{NaOH} : Volumen gastado de NaOH (ml).

N_{NaOH} : Normalidad de NaOH (0.1N).

W : Peso de la muestra (g).

Algunos productos pueden contener más de un tipo de ácido, el factor que se utiliza en la ecuación es el del ácido predominante. El factor de multiplicación para ácido cítrico (frutas cítricas) es 0.064.

Sólidos solubles totales

Para determinar el contenido de sólidos solubles se utilizará el refractómetro digital (marca ATAGO RX-700 α ($\pm 0.1^\circ$ Brix)). La Norma Técnica Colombiana (NTC) 285 recomienda que la muestra sea homogénea, sin semillas, partículas grandes o trozos de la fruta por lo cual se utilizará un exprimidor que sólo permita obtener el zumo de limón.

Tamaño del fruto

Se realizarán mediciones al limón con un pie de rey en función del diámetro (Mayor diámetro polar y mayor diámetro ecuatorial).

Análisis sensorial

La evaluación sensorial de la fruta se realizará los días 1, 4, 7, 14 y 21. El panel se realizará a treinta miembros de la Escuela de Ingeniería de alimentos con edades comprendidas entre los 18 y los 30 años. Se realizarán pruebas a las frutas enteras y posteriormente al zumo.

Para el análisis del fruto entero se entregará un limón a cada panelista para que palpen la textura y califiquen la dureza y rugosidad en una escala de 1 a 5.

En cada sesión de cata, los panelistas recibirán una hoja de calificación con información sobre el procedimiento de evaluación, además de instrucciones verbales generales y aclaraciones individuales según sea necesario.

Los frutos de limón Tahití se llevarán a temperatura ambiente para cortarlos y extraer el jugo, posteriormente se servirá 1.5 ml de zumo en recipientes plásticos para entregar a los panelistas.

Entre cada prueba se indicará a los panelistas que limpien su paladar con un bocado de galleta salada, un sorbo de agua mineral a temperatura ambiente y un pequeño intervalo de tiempo entre las muestras. A los panelistas se les pedirá que califiquen su agrado por el olor del zumo de limón en una escala hedónica de 5 puntos (1= ``poco agradable``, 5= ``demasiado agradable``). También se evaluarán características del sabor como la percepción de acidez en una escala 3 puntos (1= ``poco ácido``, 2= ``ácido`` y 3= ``extremadamente ácido``). En una escala de 1 a 5 deberán calificar el sabor amargo percibido en el zumo de limón, además se les pedirá a los panelistas que hagan una comparación de percepción de sabor entre los tratamientos para el eslabón del detallista y consumidor (días 7, 14 y 21).

11.5 Análisis estadístico

Se realizará un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05 para determinar el efecto de cada uno de los factores analizados sobre las variables de respuesta, utilizando como herramientas los programas Excel y Minitab, para graficar, analizar y concluir. En primer lugar se realizará el experimento para la recolección de datos, posteriormente se organizarán tablas en Excel y se realizará un análisis de varianza en el cual se observará la variabilidad entre tratamientos mediante diagramas de dispersión, después se organizarán los datos según las restricciones de Minitab para un análisis estadístico ANOVA, se graficará en ambos programas, se realizará una comparación de los resultados utilizando un análisis de residuales para las variables objeto de estudio y se concluirá según los resultados mostrados en los gráficos y tablas de apoyo.

12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez descrita la metodología del diseño de experimentos, se proceden a detallar los resultados obtenidos una vez aplicada la metodología descrita previamente.

12.1 Pruebas instrumentales

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de las pruebas realizadas con el uso de los diferentes instrumentos descritos en las secciones anteriores y que permiten conocer el comportamiento de las diferentes variables de estudio seleccionadas.

Para el análisis se simula un tiempo de 6 semanas, las cuales representan el tránsito de un fruto a lo largo de la cadena de abastecimiento. Para esto se representa el transito normal, el cual empieza en la semana 1 en el eslabón de productor almacenando el fruto los días 1 y 2, para los días 3 y 4 es almacenado por parte del intermediario y transportado al detallista con el cual finaliza el fruto la primer semana los días 4 al 7, para la semana 2 es almacenado por parte del consumidor del día 7 al 14, los otros días siguen siendo almacenados con las condiciones del consumidor para objeto de análisis de variaciones posibles hasta la semana 6. Se simulan cuatro tipos de tratamientos identificados como T1: El fruto se encuentra sin recubrimiento, es almacenado en los eslabones productor e intermediario a 30°C los días 1 al 4, en el eslabón del detallista se almacena a 23°C desde el día 4 al día 7 y en el eslabón del consumidor se almacena a 5°C del día 7 en adelante. T2: El fruto se encuentra sin recubrimiento, es almacenado en los eslabones productor e intermediario a 30°C los días 1 al 4, en el eslabón del detallista se almacena a 30°C desde el día 4 al día 7 y en el eslabón del consumidor se almacena a 5°C del día 7 en adelante. T3: El fruto se encuentra con recubrimiento, es almacenado en los eslabones productor e intermediario a 30°C los días 1 al 4, en el eslabón del detallista se almacena a 23°C desde el día 4 al día 7 y en el eslabón del consumidor se almacena a 5°C del día 7 en adelante. T4: El fruto se encuentra con recubrimiento, es almacenado en los eslabones productor e intermediario a 30°C los días 1 al 4, en el eslabón del

detallista se almacena a 30°C desde el día 4 al día 7 y en el eslabón del consumidor se almacena a 5°C del día 7 en adelante.

12.1.1 Pérdida de peso

Como se observa en la Figura 4 ocurre una pérdida de peso a medida que transcurre el tiempo, esto se presenta debido al efecto significativo que tiene la temperatura y la interacción temperatura-recubrimiento que muestra el ANOVA (Tabla 2). En la Figura 5 se observa que el uso de recubrimiento y la temperatura tienen influencia de variabilidad del peso. Se evidencia que el almacenamiento de los cítricos a 23°C y la aplicación de recubrimiento reducen la pérdida de peso en el fruto. Estas variaciones de peso no afectan el cumplimiento de la norma de los frutos cosechados (Arévalo et al., 2016).

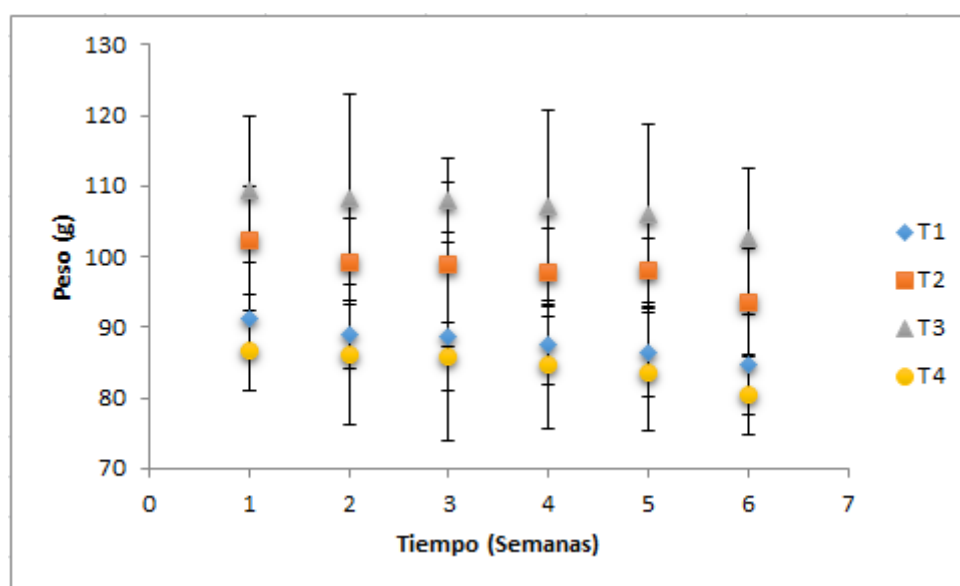


Figura 3. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

En la tabla 3 se observa que el factor temperatura es el de mayor significancia para la variable pérdida de peso, en cuanto a las combinaciones posibles, los factores recubrimiento*temperatura influyen para que el fruto tenga una variación considerable de la misma.

Tabla 3. Análisis ANOVA en Minitab para pérdida de peso.

Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Recubrimiento	0,37
Temperatura	0,05
Tiempo	0,789
Recubrimiento*Temperatura	0
Recubrimiento*Tiempo	1
Temperatura*Tiempo	1
Recubrimiento*Temperatura*Tiempo	1

Los frutos a 30°C muestran una disminución mayor en el peso comparado con los frutos a 23°C, los frutos sin recubrimiento son más sensibles a presentar pérdidas de peso en el tiempo, en el intervalo de tiempo de las semanas 5 y 6 se presenta la mayor variación en el peso para los factores Temperatura-Recubrimiento.

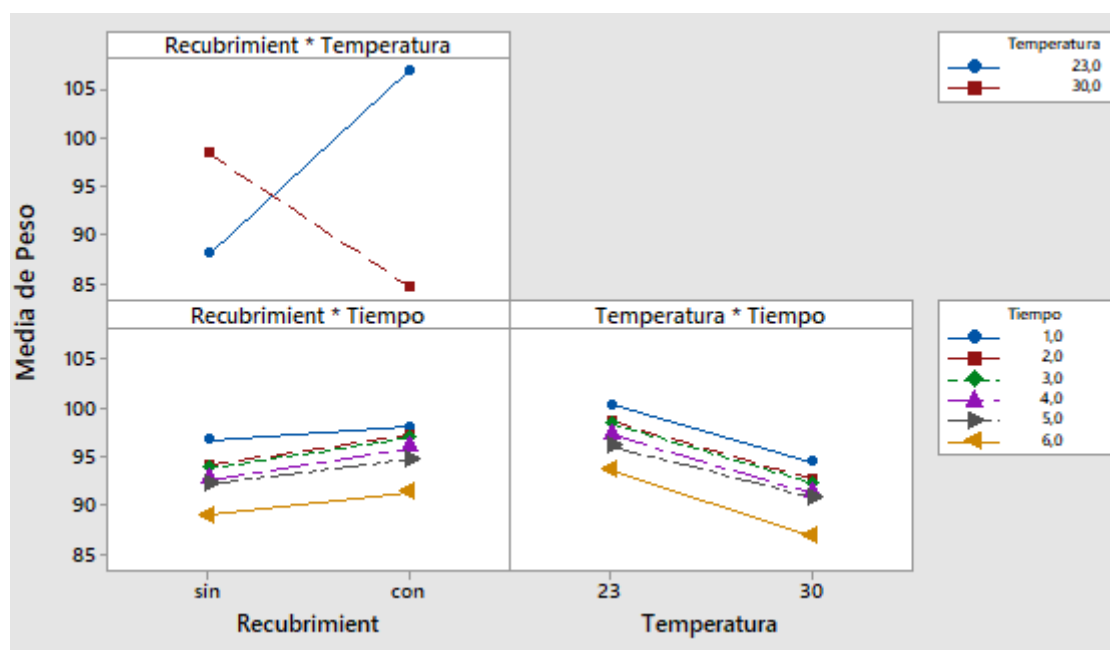


Figura 4. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab pérdida de peso.

Fuente: Minitab 18.

12.1.2 Firmeza

En la Figura 6 se observa un punto de inflexión de la firmeza en la semana 3, esto puede ser atribuido a que en esta semana los frutos han pasado del eslabón del detallista al eslabón del consumidor y allí ocurre un cambio de temperatura y manipulación manual del fruto.

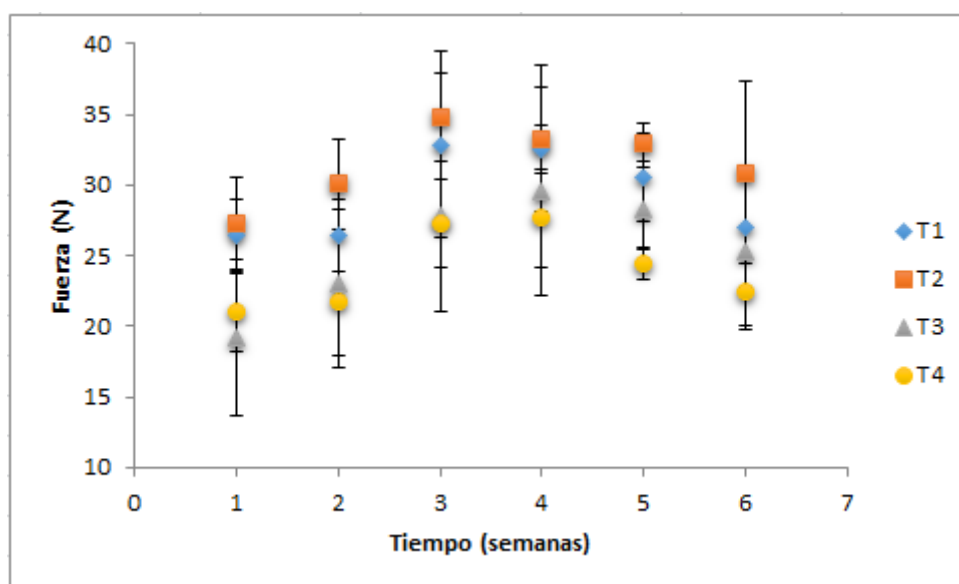


Figura 5. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la firmeza del fruto (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

De acuerdo al ANOVA (Tabla 4) y al revisar el valor p de significancia se observa que la temperatura no tiene efecto significativo sobre la variación de la firmeza ($p=0,853$), mientras que el recubrimiento ($p=0.00$) y el tiempo ($p=0.000$) tienen efecto significativo en la variabilidad de la firmeza. De la Figura 5 se puede concluir que los frutos sin recubrimiento en general mostraron mayor firmeza frente a los frutos con recubrimiento, notándose en las semanas 3 y 4 los estándares de mayor dureza percibida, para las semanas 5 y 6 se muestra menor resistencia dándole un comportamiento de decrecimiento.

Tabla 4. Análisis ANOVA en Minitab para firmeza.

Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Recubrimiento	0
Temperatura	0,853
Tiempo	0
Recubrimiento*Temperatura	0,118
Recubrimiento*Tiempo	0,578
Temperatura*Tiempo	0,843
Recubrimiento*Temperatura*Tiempo	0,571

Resultados similares a los encontrados sobre firmeza de los frutos de lima Tahití, registran dos comportamientos diferentes durante el almacenamiento, a saber, se endurecen al suspenderse el proceso de maduración de los frutos por deshidratación de la cáscara (por ser fruto no-climatérico no hay producción autocatalítica de etileno) o se ablandan hasta descomponerse cuando continua el proceso de maduración, si los frutos se protegen de la desecación (Arévalo et al., 2016).

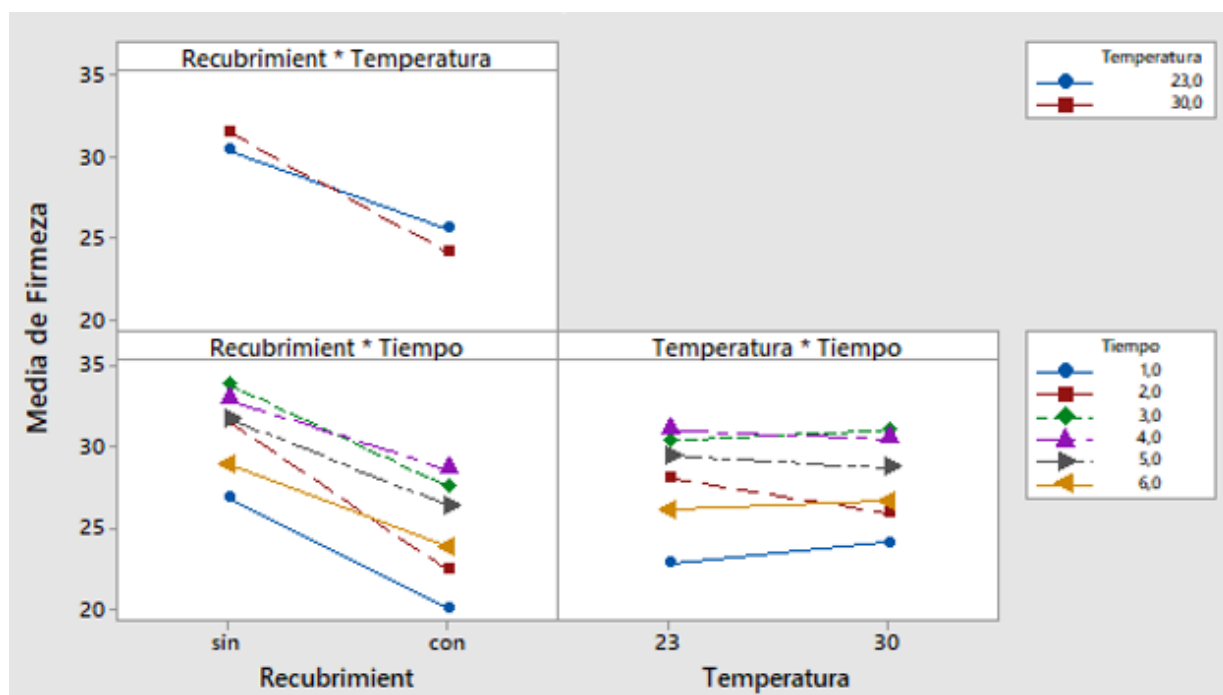


Figura 6. Gráfica de interacción en Minitab (temperatura, recubrimiento y tiempo) para la firmeza.

Fuente: Minitab 18

Se observa en la figura 6, que para la combinación recubrimiento*temperatura los frutos a 30°C obtuvieron la mayor variación de firmeza al compararse con los tratamientos con recubrimiento y sin recubrimiento. Por otro lado, los frutos a 23°C obtuvieron una variabilidad menor comparada con el anterior. Para la combinación recubrimiento*tiempo los frutos sin recubrimiento obtuvieron la mayor firmeza en el periodo de análisis establecido; para la combinación de los factores temperatura*tiempo se observa un comportamiento muy similar de todos los tratamientos.

12.1.3 Color

En la Figura 7 se observa diferencia en la variación del color del fruto con el tiempo, se evidencia que los tratamientos T2 y T3 presentan mayor variabilidad en las semanas 2 y 3, respecto a los demás tratamientos, en la Figura 8 se observa el cambio de la variable a en la escala de rojo a verde, para la Figura 9 se observa el cambio de la variable b en cuanto al gradiente de azul.

De acuerdo al ANOVA (Tabla 5) se observa que los factores recubrimiento y temperatura no presentan diferencias significativas para la variación del color, mientras que el factor tiempo tiene influencia significativa sobre esta variable.

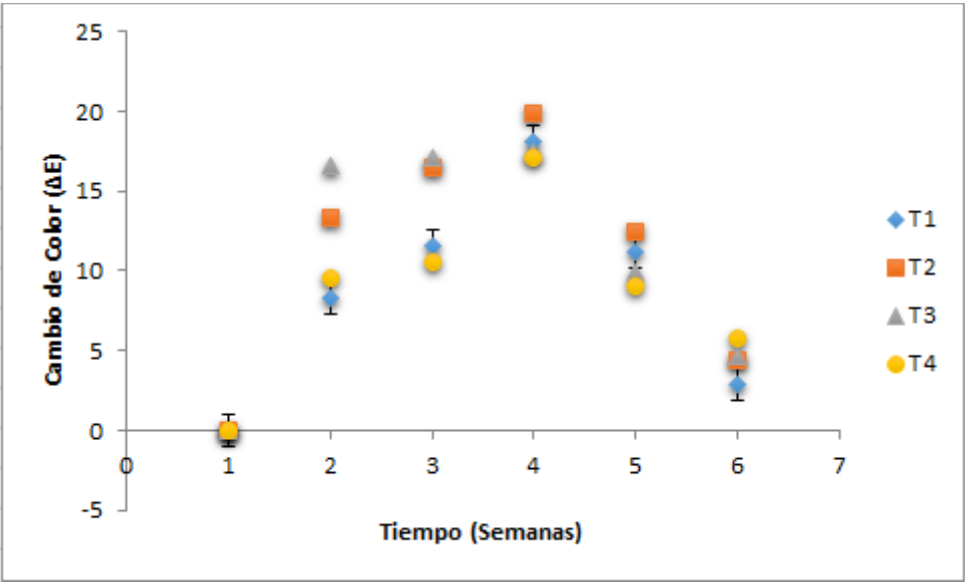


Figura 7. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la variación del color del fruto (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

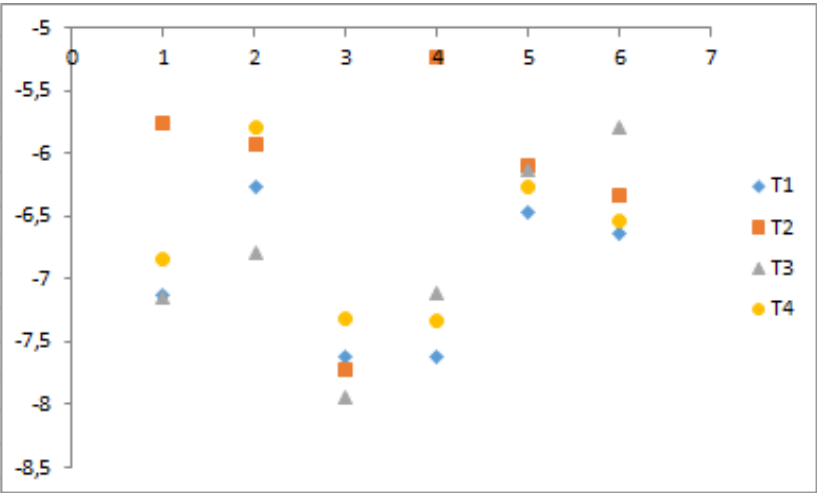


Figura 8. Variable de Color coordenada “a” (escala de rojo a verde).

Fuente: Minitab 18.

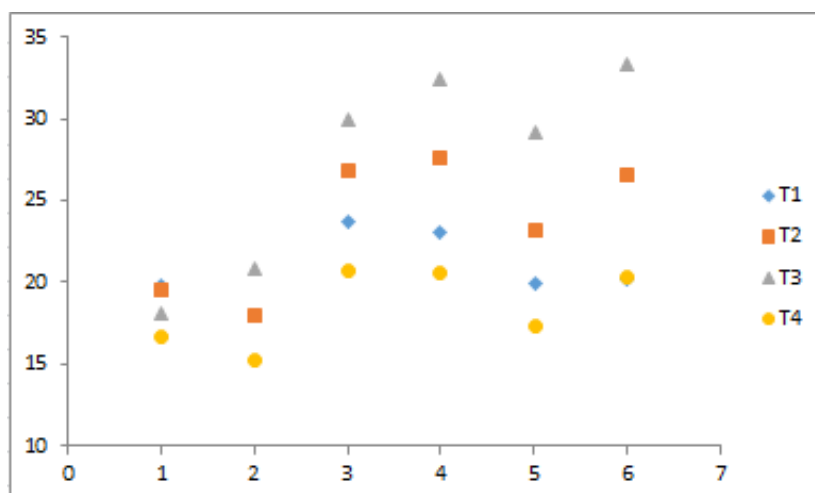


Figura 9. Variable de Color coordenada "b" (gradiente de azul).

Fuente: Minitab 18.

Se observa en la Tabla 5, en el análisis de varianza que el factor con mayor significancia encargado de la variabilidad del color del fruto es el tiempo, las otras combinaciones no representan mayor influencia.

Tabla 5. Análisis ANOVA en Minitab para color.

Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Temperatura	0,964
Recubrimiento	0,966
Tiempo	0
Temperatura*Recubrimiento	0,18
Temperatura*Tiempo	0,967
Recubrimiento*Tiempo	0,999
Temperatura*Recubrimiento*Tiempo	0,813

Por otra parte en la Figura 10, la combinación recubrimiento*temperatura con los frutos a 30°C tienen menor variabilidad frente a los frutos almacenados a 23°C; para los factores recubrimiento*tiempo en la primer semana los frutos con recubrimiento comparados con los que no tienen recubrimiento la media de variación de color fue superior, atribuyendo que los frutos con recubrimiento para esta semana específicamente obtienen mayor variación, las siguientes semanas para esta combinación presentan un comportamiento similar. En temperatura*tiempo se observa en la primera semana para los frutos expuestos a 30°C mayor variación, para las siguientes semanas muestra un comportamiento similar.

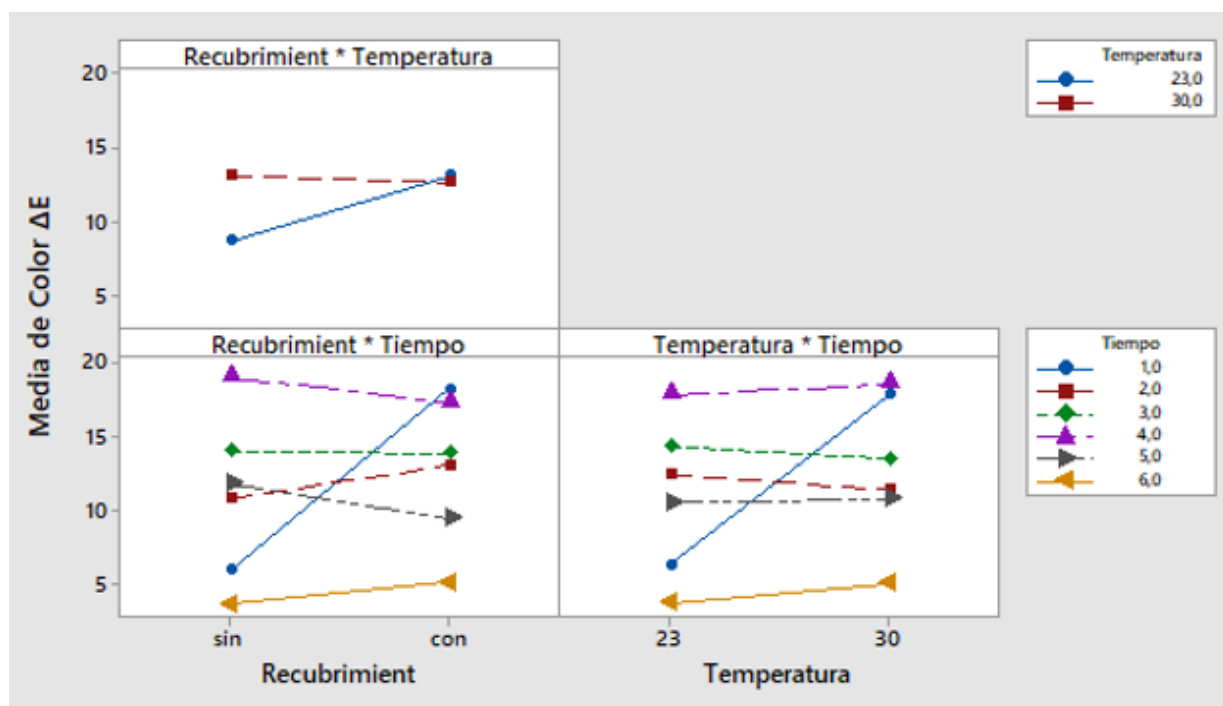


Figura 10. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab para cambio de color.

Fuente: Minitab 18.

En el trabajo realizado por Arévalo et al. (2016), los frutos hasta los 45 días después de cosecha conservan su coloración máxima.

12.1.4 Acidez total titulable

En la Figura 11 se observa disminución de la acidez en las semanas 2, 3 y 4, esto puede atribuirse a los cambios de temperatura y la manipulación manual que ocurre al pasar de un eslabón a otro, es decir en el eslabón del productor e intermediario tienen temperatura de 30°C, el detallista suele mantener una temperatura de 23°C y los consumidores almacenan el limón a 5°C aproximadamente. A partir de la semana 4 se observa incremento en la acidez. En el ANOVA (Tabla 6) se observa que solamente el factor tiempo tiene efecto significativo sobre la acidez.

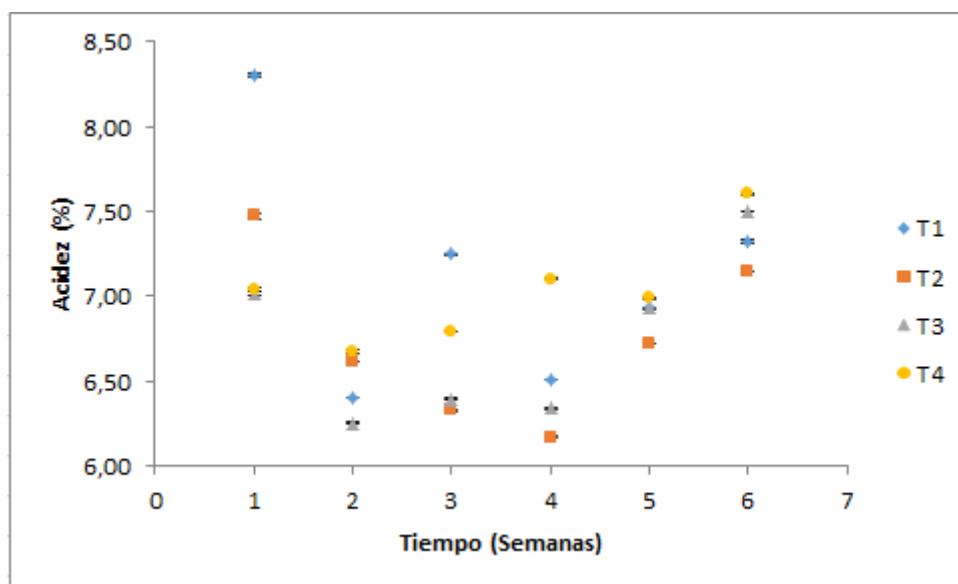


Figura 11. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre la acidez total titulable (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

En la Tabla 6, se observa para el análisis de varianza el factor tiempo y la combinación recubrimiento*temperatura con significancia; los otros factores y combinaciones no representan una significancia considerable.

Tabla 6. Análisis ANOVA en Minitab para acidez total titulable.

Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Recubrimiento	0,805
Temperatura	0,823
Tiempo	0,014
Recubrimiento*Temperatura	0,076
Recubrimiento*Tiempo	0,416
Temperatura*Tiempo	0,859
Recubrimiento*Temperatura*Tiempo	0,912

Se observa en la Figura 12, para recubrimiento*temperatura que estos factores para la temperatura 23°C y 30°C son inversamente proporcionales, para recubrimiento*tiempo en la primer semana los frutos sin recubrimiento tienen mayor acidez entre 7,5 y 8,3 comparados con los frutos con recubrimiento, para las siguientes semanas no se observa un comportamiento uniforme; para la combinación de factores temperatura*tiempo la semana 6 (Amarillo) es la que presenta valores más constantes entre las temperaturas evaluadas.

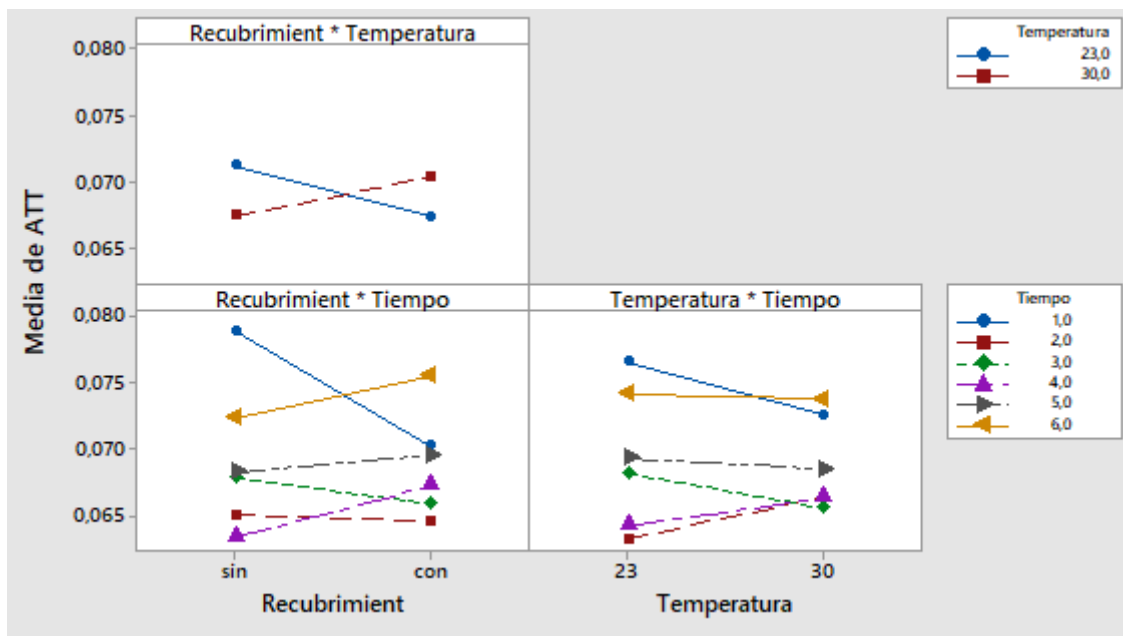


Figura 12. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab (ATT) acidez total titulable.

Fuente: Minitab 18.

De acuerdo al trabajo realizado por Arévalo et al. (2016), el análisis LSD muestra que no hay diferencias estadísticas entre los patrones hasta 15 días después de cosecha. Se empiezan a notar diferencias a partir de 30 días después de cosecha ($p \leq 0,05$).

12.1.5 Sólidos solubles totales

En la Figura 13 se observa poca variabilidad del contenido de sólidos solubles en el tiempo. Esto se valida en el ANOVA (Tabla 7), que muestra que sólo el factor recubrimiento tiene efecto significativo sobre esta variable. Se evidencia mayor contenido de sólidos solubles en los tratamientos sin recubrimiento.

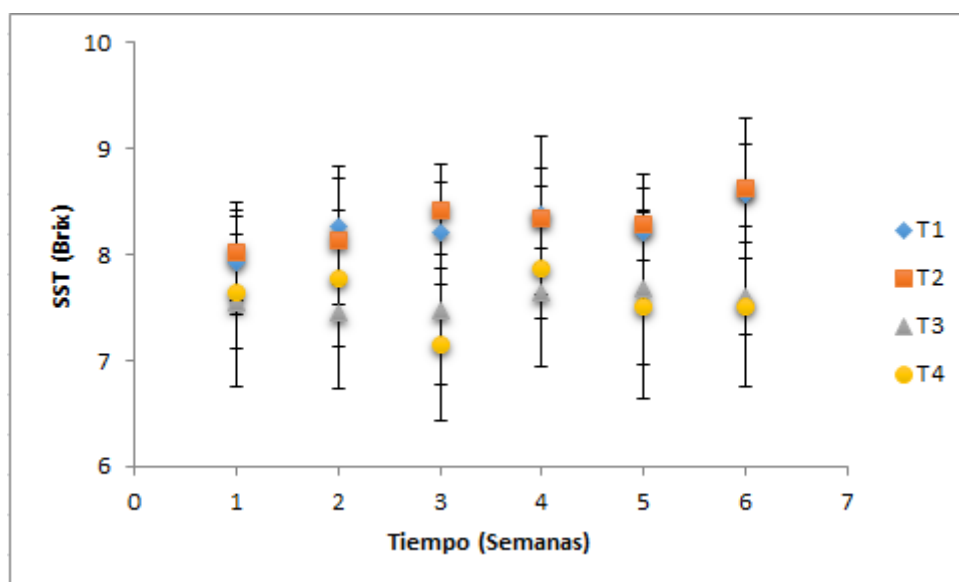


Figura 13. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre el contenido de (SST) sólidos solubles totales (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

En la Tabla 7, se observa que el factor con mayor significancia es el recubrimiento, los demás factores y combinaciones no son de mayor influencia.

Tabla 7. Análisis ANOVA en Minitab para sólidos solubles totales.
Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Recubrimiento	0,029
Temperatura	0,392
Tiempo	0,86
Recubrimiento*Temperatura	0,863
Recubrimiento*Tiempo	0,928
Temperatura*Tiempo	0,989
Recubrimiento*Temperatura*Tiempo	0,827

En la Figura 14, la combinación recubrimiento*temperatura en un inicio para los frutos sin recubrimiento presenta un mayor porcentaje de solidos solubles 8,3 ° brix; para recubrimiento*tiempo la semana 6 es la que presenta mayor variación para los frutos sin recubrimiento comparados con frutos con recubrimiento; para temperatura*tiempo las primeras tres semanas presentan un comportamiento similar en ambas temperaturas, las últimas tres semanas de experimento no obtienen un comportamiento uniforme.

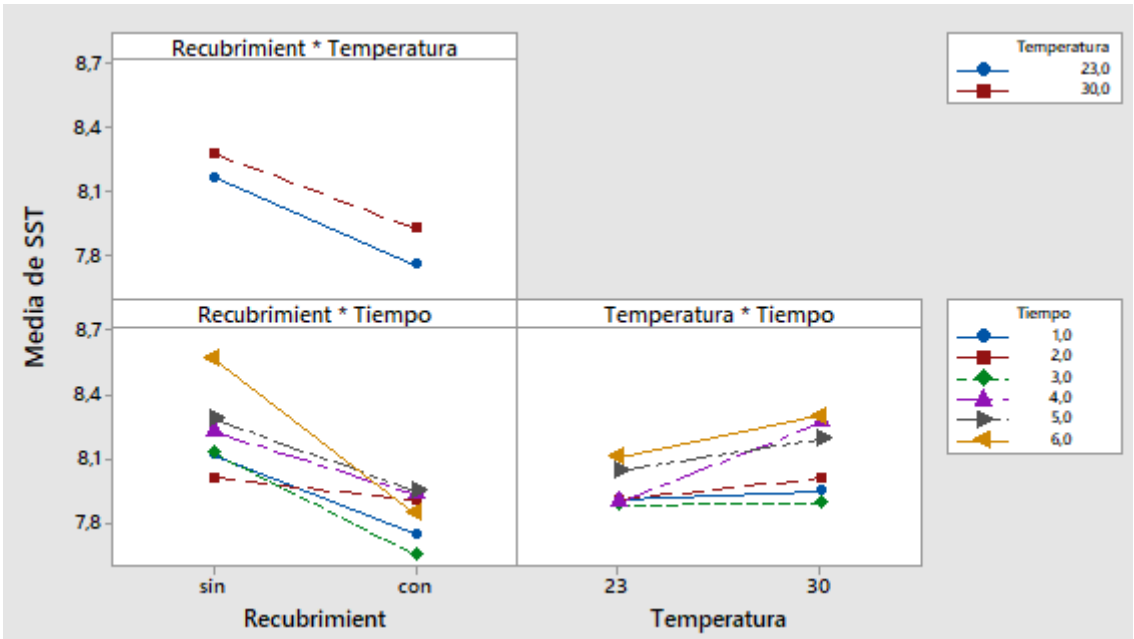


Figura 14. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab sólidos solubles totales.

Fuente: Minitab 18.

De acuerdo al trabajo realizado por Arévalo et al. (2016), el contenido de sólidos solubles varía entre 8 y 11°Brix para todos los patrones durante todo el almacenamiento. Estos valores son similares a los obtenidos en este trabajo.

12.1.6 Diámetro polar

En la Figura 15 se observa una disminución de diámetro polar de todos los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento, se evidencia mayor incidencia en la semana 3. Este comportamiento se valida con el ANOVA (Tabla 8 y Figura 16), donde se observa efecto significativo del tiempo. Adicionalmente se observa efecto significativo para la interacción temperatura-recubrimiento. Este comportamiento coincide con el efecto observado para la pérdida de peso.

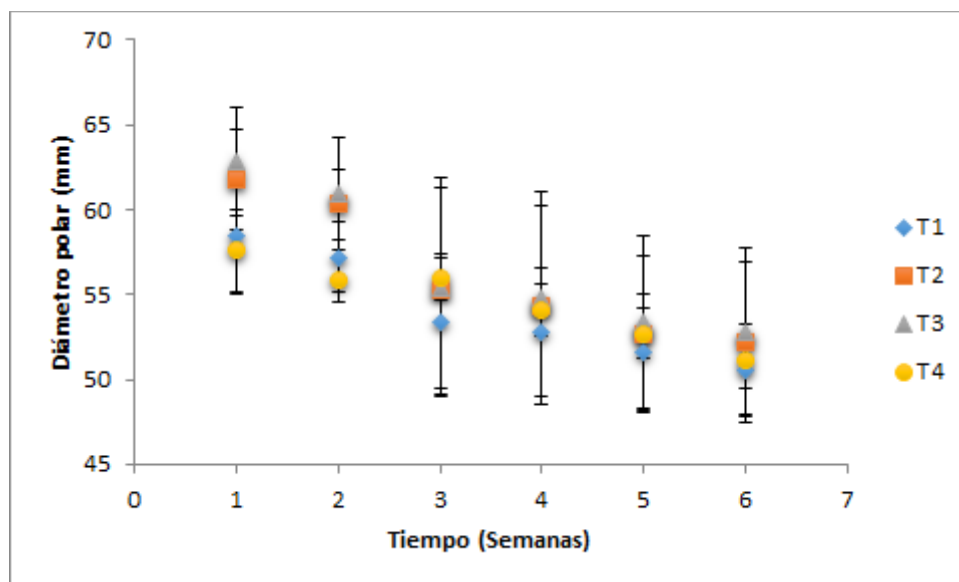


Figura 15. Efecto de los tratamientos y el tiempo de almacenamiento sobre el diámetro polar del fruto (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

En la Tabla 8, se observa en el análisis de varianza que el factor con significancia es el tiempo, y la combinación con significancia es recubrimiento*temperatura; las demás no tienen mayor variabilidad.

Tabla 8. Análisis ANOVA en Minitab para diámetro polar.

Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Recubrimiento	0,57
Temperatura	0,986
Tiempo	0
Recubrimiento*Temperatura	0,051
Recubrimiento*Tiempo	0,997
Temperatura*Tiempo	0,988
Recubrimiento*Temperatura*Tiempo	0,824

En la Figura 16, se observa para recubrimiento*temperatura un comportamiento inversamente proporcional entre las temperaturas evaluadas, para recubrimiento*tiempo las cuatro últimas semanas del estudio muestran un comportamiento de variabilidad similar en cuanto a los valores de los frutos sin y con recubrimiento, para temperatura*tiempo las tres últimas semanas muestran un comportamiento similar.

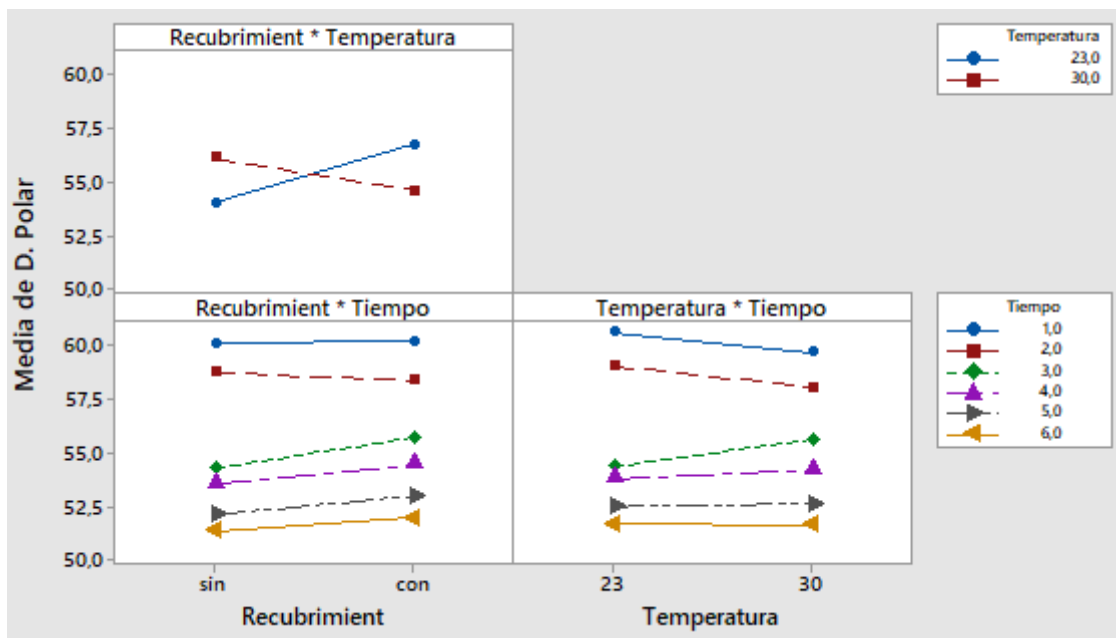


Figura 16. Gráfica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab para diámetro polar.

Fuente: Minitab 18.

Los resultados obtenidos coinciden con los resultados reportados por Arévalo et al. (2016), quienes encontraron una relación inversa entre el tiempo y el diámetro transversal, indicando que a medida que transcurre el periodo de almacenamiento, disminuye el diámetro transversal de los frutos.

12.1.7 Diámetro ecuatorial

En la Figura 17 se observa disminución del tamaño del fruto (diámetro ecuatorial) con el tiempo, y no se evidencia diferencia de variabilidad entre tratamiento. En las semanas 2 y 3 se presentó mayor disminución del tamaño del fruto 8 mm aproximadamente. El ANOVA (Tabla 9) muestra que los factores recubrimiento y temperatura no tienen influencia significativa para la variable Diámetro ecuatorial, por el contrario, el tiempo sí tiene influencia mostrando una disminución constante durante el experimento.

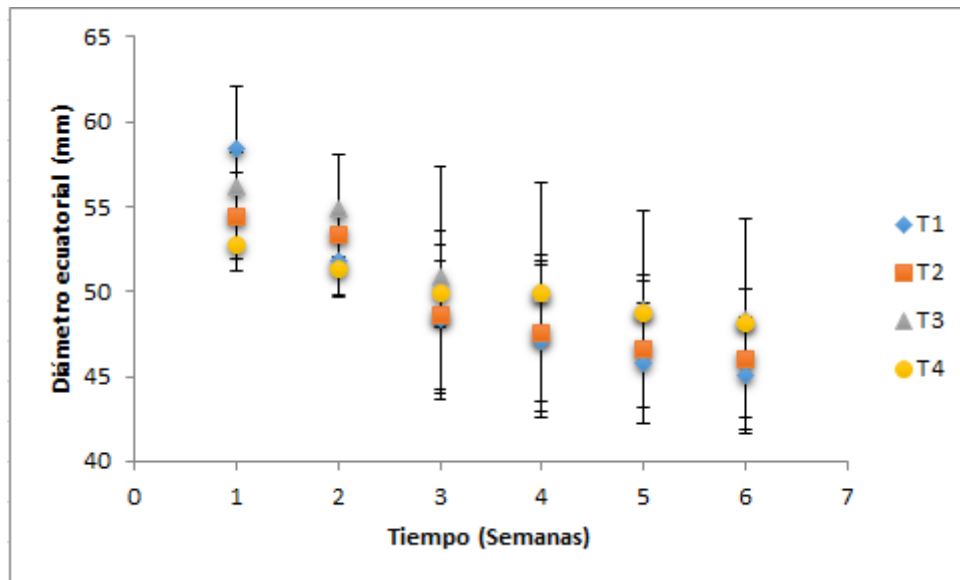


Figura 17. Efecto del tratamiento y el tiempo de almacenamiento sobre el diámetro ecuatorial (T1-T2-T3-T4).

Fuente: Minitab 18.

En la Tabla 9, se observa que el factor tiempo es el que obtiene mayor significancia, los demás factores y combinaciones no representan mayor variación.

Tabla 9. Análisis ANOVA en Minitab para diámetro ecuatorial.

Fuente: Minitab 18.

Análisis de Varianza	
Fuente	Valor p
Recubrimiento	0,163
Temperatura	0,494
Tiempo	0
Recubrimiento*Temperatura	0,48
Recubrimiento*Tiempo	0,71
Temperatura*Tiempo	0,839
Recubrimiento*Temperatura*Tiempo	0,976

Arévalo et al. (2016), determinaron una relación inversa, indicando que a medida que transcurre el periodo de almacenamiento, disminuye el diámetro transversal de los frutos.

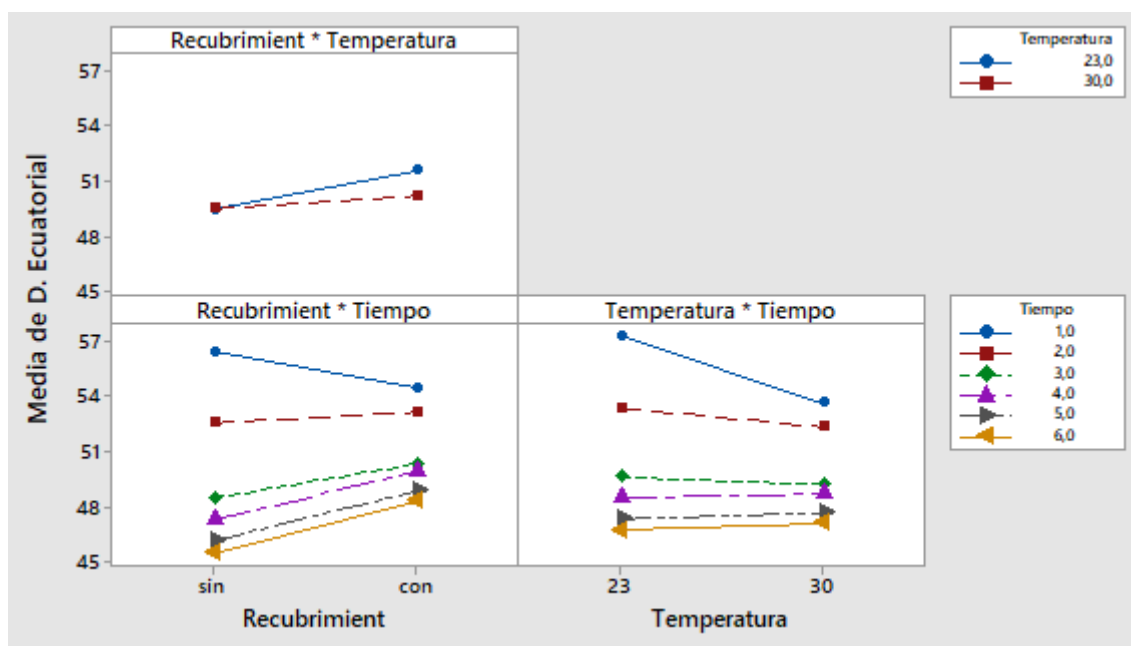


Figura 18. Grafica de interacción (temperatura, recubrimiento y tiempo) en Minitab para diámetro ecuatorial.

Fuente: Minitab 18.

12.2 Pruebas sensoriales

Se estudiaron y compararon las variables del análisis sensorial, dando como resultado que el color tiene un cambio en la escala en la semana 4, pasando de una tonalidad oscura a una más clara, el olor se mantuvo constante durante las pruebas, la dureza para la semana 1 es mayor, las siguientes semanas (2, 3 y 4) se mantiene con poca variación; la rugosidad del fruto y la aceptabilidad visual no muestran cambios; el nivel de acidez de los frutos en es mayor inicialmente comparado con las muestras evaluadas en las otras semanas; el nivel de amargo no muestra cambios importantes; en cuanto al sabor se obtuvo la mejor calificación en la Semana 3 donde se podría asumir que es el punto óptimo de consumo.

De acuerdo a la Figura 19, se observa que T3 es el tratamiento con mejor sabor de las muestras, y el T2 muestra mayor acidez. En las demás características evaluadas no se observan diferencias importantes entre los tratamientos.

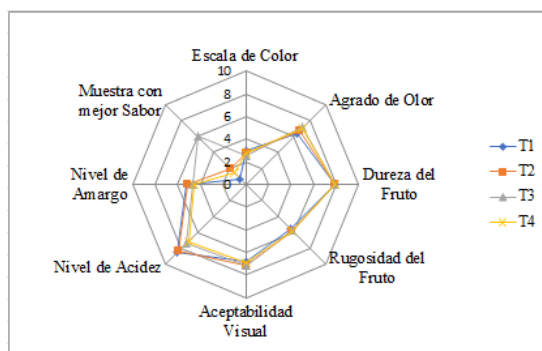


Figura 19. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 1.

Fuente: Datos sensoriales demostrados por gráfico radial en Microsoft Excel

De acuerdo con la Figura 20, se observa que T1 tiene el mejor sabor de las muestras, mantienen una tonalidad similar en cuanto al Color para las semanas 1 y 2, el Olor no obtiene una variación considerable entre las muestras, los frutos obtienen una buena Aceptabilidad visual en esta semana entre las muestras T1 obtiene la menor calificación al igual que el Nivel de Acidez, el nivel de Amargo de los frutos no tiene variación considerable entre las muestras.

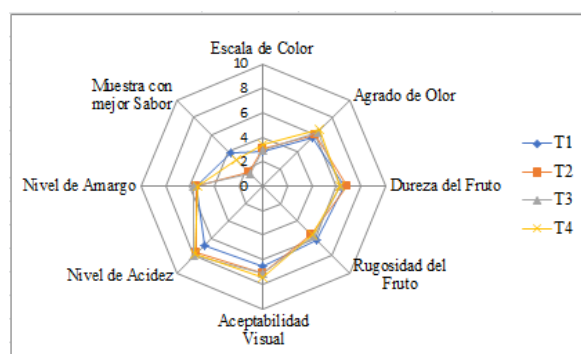


Figura 20. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 2.

Fuente: Datos sensoriales demostrados por gráfico radial en Microsoft Excel

De acuerdo con la gráfica del Análisis sensorial Figura 21, se observa que T2 obtiene el mejor sabor de las muestras, para el Olor y la Aceptabilidad visual las muestras mantienen una calificación uniforme, la muestra con mayor resistencia es T2 y la que obtiene menor Dureza del fruto es T4, los frutos T1 y T2 obtiene una rugosidad similar por otra parte T3 y T4 son similares para esta variable, en el Nivel de Acidez T4 obtiene la mayor calificación y T2 la menor calificación, para el Nivel de Amargo T3 obtiene la mayor calificación y T2 obtiene la menor calificación.

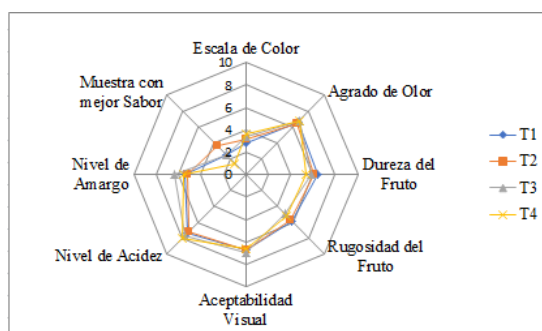


Figura 21. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 3.

Fuente: Datos sensoriales demostrados por gráfico radial en Microsoft Excel

De acuerdo con la gráfica del Análisis sensorial Figura 22, se observa que T3 obtiene el mejor sabor de las muestras, las variables Olor, Rugosidad del fruto tienen una calificación uniforme en todas las muestras, la mayor calificación para la Dureza del fruto la obtiene T2, las muestras con mayor calificación de Aceptabilidad visual son T2 y T3, las muestras con mayor Nivel de Acidez son T3 y T4, por otra parte T1 y T2 obtienen una calificación uniforme en el Nivel de Acidez; el Nivel de Amargo es similar para las muestras aunque T1 obtiene la mayor calificación en esta semana.

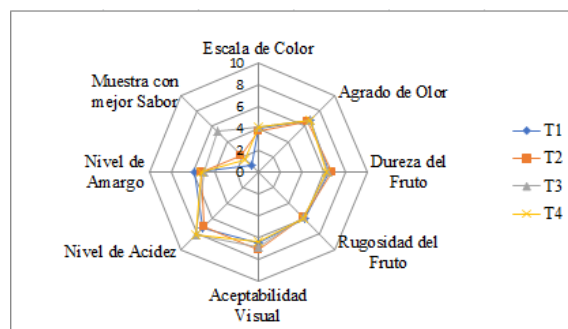


Figura 22. Análisis sensorial de almacenamiento Semana 4.

Fuente: Datos sensoriales demostrados por gráfico radial en Microsoft Excel

Comparando los análisis instrumentales con los análisis sensoriales existen tres variables en común que fueron objeto de estudio en ambos, observándose en cuanto al color para las primeras dos semanas pocos cambios y para las 4 siguientes variaciones mucho más notorias. En cuanto a la firmeza los resultados de laboratorio indican valores ascendentes para las primeras 4 semanas y descendentes para las 2 finales, pero las sensoriales indican en la primera semana una mayor resistencia y en las siguientes semanas una dureza constante en promedio. Para la acidez ambos análisis indican que existe una disminución de esta variable en el tiempo de estudio.

Con base en las pruebas realizadas, tanto los experimentos relacionados con las variables de firmeza, acidez color, y las pruebas sensoriales, se pueden identificar algunos aspectos de relevancia en la durabilidad de la fruta. Algunos de estos aspectos son:

- La temperatura de almacenamiento definida para la cadena de abastecimiento citrícola en el Valle del Cauca, según la información recolectada es: para el productor a 30°C, intermediario a 30°C, detallista a 23°C y consumidor a 5°C.
- El tipo de utensilio más utilizado para almacenar el limón Tahití en la cadena objeto de estudio es en canastillas para los primeros tres eslabones y para el eslabón del consumidor en refrigerador.
- Para la conservación de la vida útil del limón es importante tener cuidado en la manipulación desde la cosecha del fruto, es decir, evitar laceraciones en la piel, exposición directa al sol, maltrato en la transportación y almacenamiento en sitios con poca ventilación y altas temperaturas. Para el consumidor es recomendable la refrigeración del fruto durante un tiempo no mayor a 20 días, para evitar endurecimiento, cambios en el color y sabor del fruto.

- d. Es importante que el consumidor tenga en cuenta que si refrigera el limón con aplicación de recubrimiento por más de 18 días, se presentaran quemaduras en la cáscara.
- e. El tiempo promedio por eslabón en la cadena de abastecimiento objeto de estudio es: para el productor 2 días, intermediario 2 días, detallista 4 días y consumidor 7 días.
- f. De acuerdo a las condiciones de la cadena de abastecimiento de cítricos en el valle del Cauca, el tiempo de vida útil del limón Tahití son 35 días.
- g. El cambio de color de verde a amarillo en el limón Tahití se evidencia en mayor proporción para el día 30 después de ser cosechado.

13. GUÍA DE RECOMENDACIONES PARA LA CADENA DE ABASTECIMIENTO CITRÍCOLA

La guía es desarrollada con la finalidad de agregar valor a la cadena de abastecimiento citrícola objeto de estudio, especialmente para dar una orientación a los pequeños agricultores de cítricos de la zona facilitándoles información clave como tiempo de permanencia por eslabón del fruto, temperatura por eslabón, entre otros.

En primer lugar se da a conocer a quien está dirigida la guía, el objetivo y las actividades realizadas por los eslabones con sus respectivas temperaturas y tiempo de almacenamiento del fruto mediante un diagrama; seguido se responden algunas preguntas sobre el limón Tahití como la vida útil del fruto, tiempo de vida, aplicación de recubrimiento y recomendación sobre almacenamiento a los consumidores. En simultáneo se muestran algunos tips para que el fruto se mantenga en óptimas condiciones durante la distribución, es posible observarlo detalladamente en el Anexo 10.

14. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que el tiempo promedio de actuación para cada eslabón de la cadena de abastecimiento cítrícola en el Valle del Cauca (productor, intermediario, detallista y consumidor), tiene una duración de 1, 2, 7, 7 días respectivamente.
- ✓ En la caracterización realizada en la cadena se identificaron los eslabones: productor, intermediario, detallista y consumidor con las siguientes prácticas en el manejo del producto: almacenamiento, transporte, aplicación de recubrimiento, empaque, comercialización y consumo.
- ✓ De acuerdo a los estudios realizados en cada eslabón de la cadena de abastecimiento cítrícola se estableció que la temperatura promedio para el almacenamiento del producto debido a la falta de tecnología para refrigeración en el productor e intermediario es de 30°C, para el detallista como los supermercados de cadena que tienen aire acondicionado y tecnología para refrigeración logran mantener el fruto a 23°C y para pequeñas tiendas debido a que no tienen refrigeración alguna la temperatura de almacenamiento es 30°C y para el consumidor es generalmente 5°C.
- ✓ De acuerdo al diseño de experimentos se pudo establecer que el peso, el tamaño del fruto y la acidez se ven afectados por el tiempo y por la combinación recubrimiento-temperatura.
- ✓ De acuerdo al diseño de experimentos se pudo establecer que la firmeza presenta variabilidad en el tiempo (durante todas las etapas de la cadena) y esta variabilidad depende de la aplicación de recubrimiento.
- ✓ De acuerdo al diseño de experimentos se pudo establecer que el color de los cítricos no presenta variabilidad con la aplicación de recubrimiento ni el cambio de temperatura, el factor determinante en el cambio del color de la cáscara es el tiempo.

- ✓ Las variables olor, aceptabilidad visual y rugosidad en el análisis sensorial presenta poca variación en todos los tratamientos durante el experimento, dando a conocer que son las características estudiadas más estables del fruto.
- ✓ De acuerdo con el análisis sensorial se determinó que el tratamiento con mejor sabor es T3 (con aplicación de recubrimiento a 23°C), el cual presentó una calificación constante de agrado para los panelistas.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Anzueto, C, 2012. Modelos matemáticos para estimación de vida útil de alimentos. San Salvador, Guatemala.
<http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2458/VIDA%20ANAQUEL%20CndsSalvador.pdf>.
- Artés F, Gómez, P.A., Artés-Hernández F, 2007. Physical, physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetables. Food Science and Technology International. 13 issue: 3, page(s): 177-188
<https://doi.org/10.1177/1082013207079610>
- Blanchard, D, 2010. Supply Chain Management Best Practices (2nd. ed.). Hoboken, New Jersey. John Wiley.
- Braddock, R. J., 2006. By-products of citrus fruit. Asociación Hortofrutícola. Portal frutas y hortalizas para el mundo, Colombia. FoodTechnol., 49, 74-77.
- Calderón González, C. A., & Tolosa Ospina, J, 2017. Ruteo en la Cadena Frutícola Cundinamarca-Bogotá: Universidad Francisco José de Caldas.
- Castellano, G., Ramírez, R., Sindoni, M. J., Hidalgo, P. R., Burgos, M. E., Marín, C. & Martínez, L, 2016. Efecto de la temperatura de almacenaje sobre las características organolépticas de fruto limón persa. (citrus latifolia tanaka). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 17(1), 8-14, Hermosillo, México.
- Castro, A. A., Pimentel, J. D. R., Souza, D. S., Oliveira, T. V. D., & Oliveira, M. D. C., 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya L.*) asociado a la

aplicación de películas comestibles, revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2 (1): 49-60, Brasil.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5899>.

- CEPAL, N, 2016. Encadenamientos productivos y circuitos cortos: innovaciones en esquemas de producción y comercialización para la agricultura familiar. Análisis de la experiencia internacional y latinoamericana, 2016. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40688/S1600739_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chura, M., Evely, I., & Peralta Merma, R. E., 2017. Evaluación fisicoquímica y sensorial durante la madurez y almacenamiento en estado deshidratado y congelado del Humpikusawa.
- Crochon, S., Lee, M., & Col, T., 2013. Eventos fisiológicos asociados a la madurez y calidad de los frutos cítricos en Cuba y su relación con los productos transformados de la industria. (En línea). CUB. Consultado, 02 de agos. Formato PDF.
- Domínguez, E., Cortés, V., Ávila, R. M., Olvera, L., Vernon, J., Bosquez, E., & Domínguez, J, 2003. Aumento de la vida postcosecha del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) producido en Apatzingán, Mich., mediante el uso de recubrimientos naturales a diferentes temperaturas de almacenamiento, revista *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2): 128-133, México.
- Escobar Quijano, M. J., Aguilar Niño, P. F., & Pássaro Carvalho, C. P., 2012. Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.
- Gallo, G. A., 2015. *Estudio de propiedades fisicoquímicas y biológicas de películas bioactivas a base de quitosano y su efecto sobre la extensión de la vida útil de vegetales mínimamente procesados* (Doctoral dissertation) <http://hdl.handle.net/10251/59419>.

- Giraldo, G. A. M., & Catiblanco, M. A. P. (2001). Cadena logística integrada un apoyo al sector agrícola. *Ingeniería*, 6(1), 12-18.
- Guadarrama, Á., & Peña, Y, 2013. Actividad respiratoria vs. variaciones físicas y químicas en la maduración de frutos de Naranjita china (*Citrus x microcarpa Bunge*). *Bioagro*, 25(1), 57-63. Venezuela.
- Hernández, G. B. M., Hernández, F. A., Gómez, P., & Calero, F. A., 2015. Tratamientos postcosecha de cítricos. *Agricultura: Revista agropecuaria*, 989 (2), 798-801.
- Intriago Zambrano, V. M., & Moreira Párraga, G. J., 2014. Evaluación de pérdidas poscosecha de naranja (*Citrus sinensis*) producidas en la parroquia Membrillo y comercializadas en el mercado del cantón Bolívar (Bachelor's thesis, Calceta: Espam).
- Kader, A, 2008. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California. Davis (UCD). [Sitio en Internet].
- Kuehl, R, 2001. Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Thomson Learning. México, D.F.: Thomson Learning, c2001. 666 p.; 25 cm. Edición; 2 ed.
- Londoño Marulanda, D., & Moreno Méndez, J. A., 2015. Cuantificación de la variabilidad espacial de suelos en un huerto cítrícola en el departamento de Caldas. Manizales: Universidad de Manizales.
- Marcilla, A., & del Rio, M. A., 2006. Efecto de distintos recubrimientos en la calidad de mandarinas' Clemenules', 'Fortune' y naranjas' Valencia'. In *Proc VIII Simposio Nacional y V Ibérico de Maduración y Post-recolección, Orihuela, Spain. Sept* (pp. 27-30).

- Mejía Sacaluga, A. M., & Prado Prado, C., 2001. Situación de las relaciones fabricante-detallista en el sector de bienes alimentarios en Galicia. *Revista Galega de Economía*, 10(2). O. España.
- Martínez-Hernández, G. B., Artés-Hernández, F., Gómez, P. A., Bretó, J., Orihuel-Iranzo, B., & Artés, F., 2017. Postharvest treatments to control physiological and pathological disorders in lemon fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 14, 34-39.
- Oehlert G.W., 2010. A First Course in Design and Analysis of Experiments, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. 679 pag. ISBN 0-7167-3510-5
- ARRA-CORONADO, A. L. F. O. N. S. O., & ORDUZ-RODRÍGUEZ, J. O. (2016). Caracterización fisicoquímica en poscosecha de diferentes materiales de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) para exportación. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 241-251.
- Peña, D., Rivera, L., 2017. Macrocaracterización de la cadena de abastecimiento recopilación teórica. Gadalajara de Buga.
- Peña, D., Rivera, L., 2017. Microcaracterización de la cadena de abastecimiento recopilación teórica. Santiago de Cali.
- Pilla, A., & Cumandá, S., 2014. *Efecto del grado de maduración y zona de cultivo en las características físicas y químicas de la mandarina (citrus reticulata)* (Bachelor's thesis).
- Rodríguez Rodríguez, D. A., Patiño Gutiérrez, M. D. P., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., & Galvis Vanegas, J. A., 2005. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2), 30-58.

- Saberi, B., Golding, J. B., Marques, J. R., Pristijono, P., Chockchaisawasdee, S., Scarlett, C. J., & Stathopoulos, C. E., 2018. Application of biocomposite edible
- Sánchez, V., & Hasbleidy, Z., 2014. Models and configurations of supply chains in perishable goods. *Ingeniería y Desarrollo*, 32(1), 138-154.
- coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of ‘Valencia’ oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 137, 9-20.
- Simonetti, E. F., 2006. *Evaluación de los Programas de Apoyo a los Pequeños Productores Agropecuarios de la Provincia de Misiones (Argentina)*.
- Villalba-Campos, L., Herrera-Arévalo, A. O., & Orduz-Rodríguez, J. O., 2014. Parámetros de calidad en la etapa de desarrollo y maduración en frutos de dos variedades y un cultivar de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco). *Orinoquia*, 18(1), 21-34.

16. ANEXOS

Anexo 1: En el siguiente anexo, se muestra la encuesta de análisis sensorial realizada a los panelistas elegidos de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Del Valle.

Nombre: _____

Edad: _____

Fecha: _____

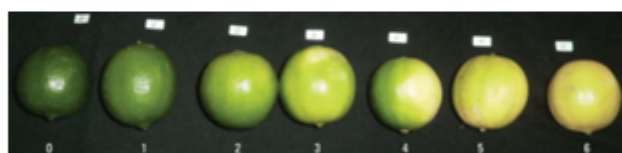
Encuesta de análisis sensorial

La evaluación sensorial se define como la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Hernández, 2005). A continuación se realizarán preguntas de análisis sensorial para la evaluación de la calidad y vida útil del limón Tahití.

Marque con una (X) la respuesta seleccionada para cada pregunta.

Evaluación del color:

- Según la escala de color del limón Tahití observada, que calificación le otorga a la muestra.



T1	0	1	2	3	4	5	6
T2	0	1	2	3	4	5	6
T3	0	1	2	3	4	5	6
T4	0	1	2	3	4	5	6

Evaluación del olor:

- Califique su agrado por el olor de la muestra en una escala hedónica de 5 puntos siendo 1 "Muy desagradable" y 5 "Muy agradable"

T1	1	2	3	4	5
T2	1	2	3	4	5
T3	1	2	3	4	5
T4	1	2	3	4	5

Evaluación de textura:

3. En una escala de 1 de hasta 5, siendo 1 la menor calificación y 5 la mayor defina la dureza percibida al palpar el limón.

T1	1	2	3	4	5
T2	1	2	3	4	5
T3	1	2	3	4	5
T4	1	2	3	4	5

4. En una escala de 1 a 5 califique la rugosidad percibida al palpar el limón siendo 1 "liso" y 5 "áspero".

T1	1	2	3	4	5
T2	1	2	3	4	5
T3	1	2	3	4	5
T4	1	2	3	4	5

Evaluación de la apariencia

5. Suponga que usted va a comprar la muestra, qué calificación de aceptabilidad general le otorga al producto en una escala de 1 a 10.

T1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6. ¿Compraría usted el producto?.

T1	SI	NO
T2	SI	NO
T3	SI	NO
T4	SI	NO

Evaluación del sabor:

7. Califique la acidez percibida en una escala 3 puntos siendo 1 "Poco ácido", 2 "Ácido" y 3 "Extremadamente ácido".

T1	1	2	3
T2	1	2	3
T3	1	2	3
T4	1	2	3

8. En una escala hasta 5, siendo 1 la menor calificación y 5 la mayor defina qué tan amargo percibe el zumo de limón.

T1	1	2	3	4	5
T2	1	2	3	4	5
T3	1	2	3	4	5
T4	1	2	3	4	5

9. Cual muestra considera usted que tiene mejor sabor.

T1
T2
T3
T4

Figura 23. Encuesta Sensorial aplicada a los panelistas.

Fuente: Desarrollo del autor.

Anexo 2: En el siguiente diagrama de barras se muestran los resultados porcentualmente de los cuatro tratamientos estudiados (T1, T2, T3, T4), en el cual tomó una decisión el panelista entre SI compraría el fruto o NO lo compraría.

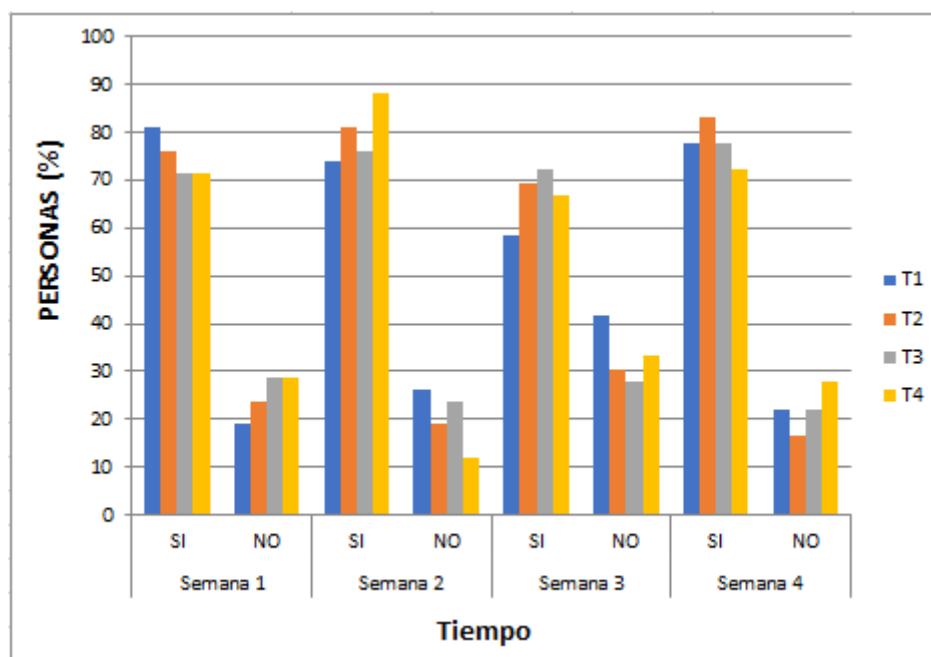


Figura 24. Resultados encuesta sensorial, para la elección de compra del fruto según la variable aceptabilidad visual en las semanas de experimento.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 3: En el siguiente anexo se evidencia que el tiempo es el factor con mayor significancia sobre la variable diámetro ecuatorial en el experimento.

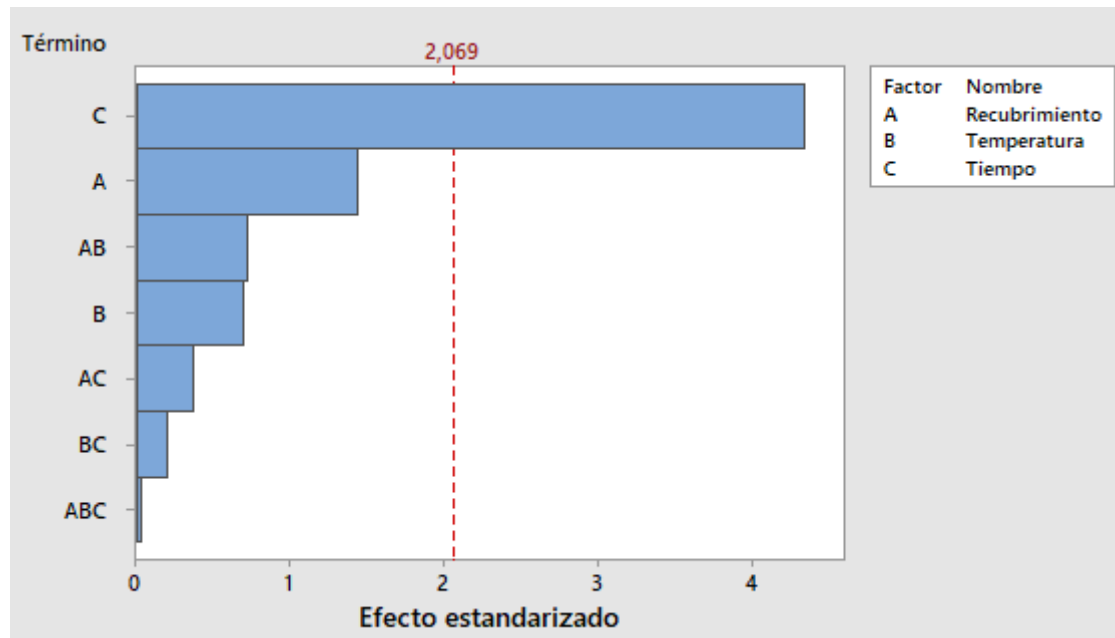


Figura 25. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para diámetro ecuatorial.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 4: En el siguiente anexo se evidencia que el tiempo es el factor con mayor significancia sobre la variable diámetro polar en el experimento.

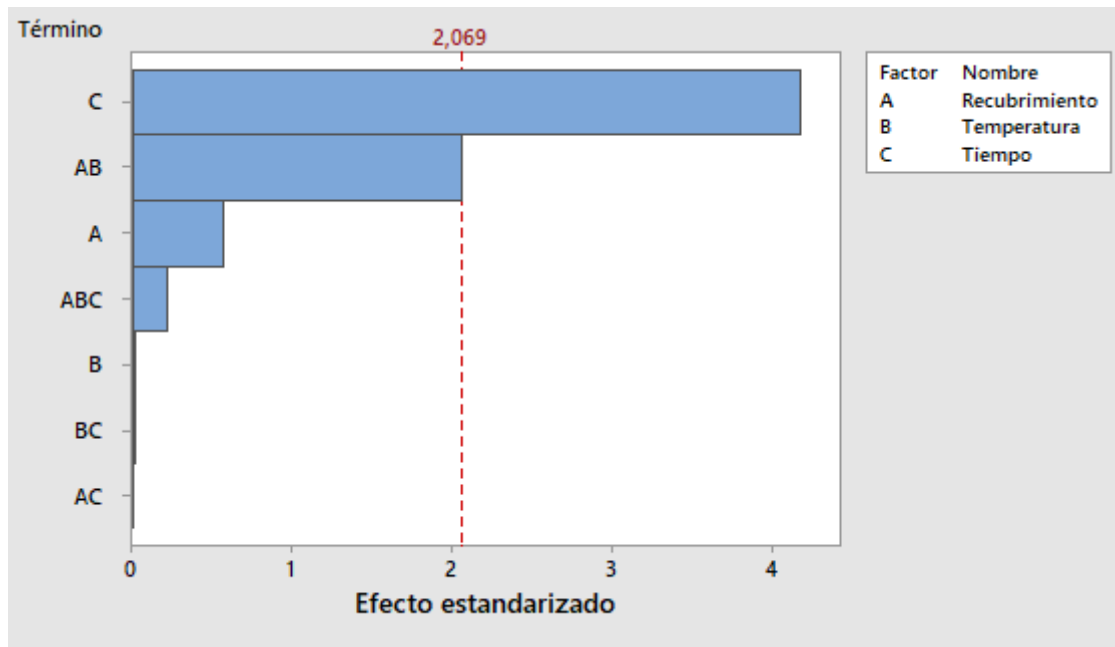


Figura 26. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para diámetro polar.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 5: En el siguiente anexo se evidencia que la combinación recubrimiento – temperatura es la de mayor significancia para la variable peso, sin despreciar la importancia de la temperatura.

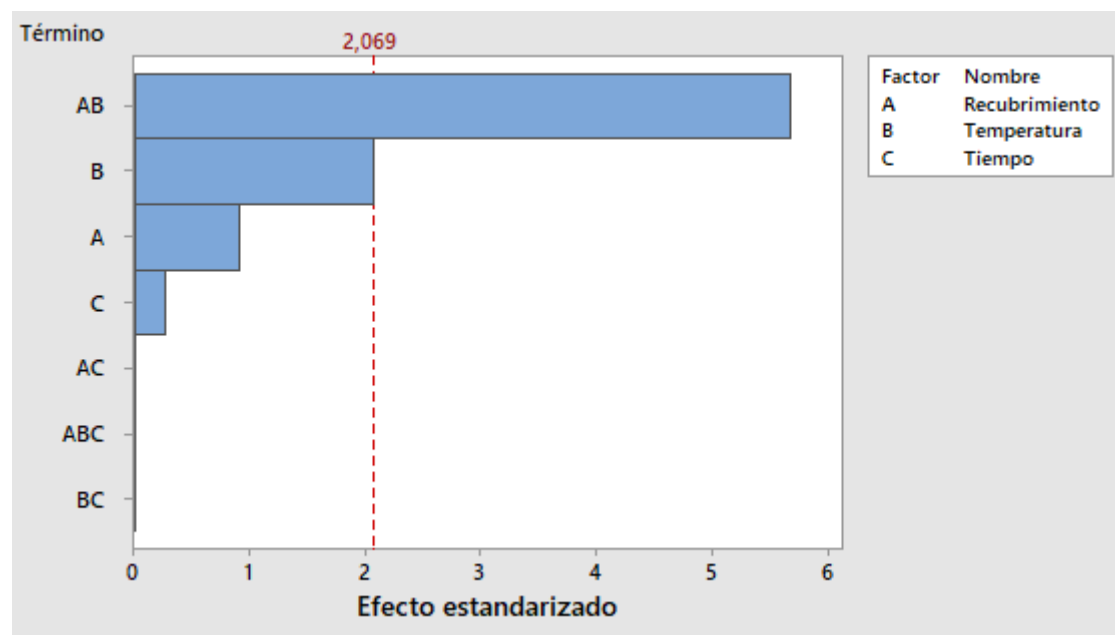


Figura 27. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para peso.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 6: En el siguiente anexo se evidencia que el tiempo es el factor con mayor significancia sobre la variable acidez total titulable en el experimento.

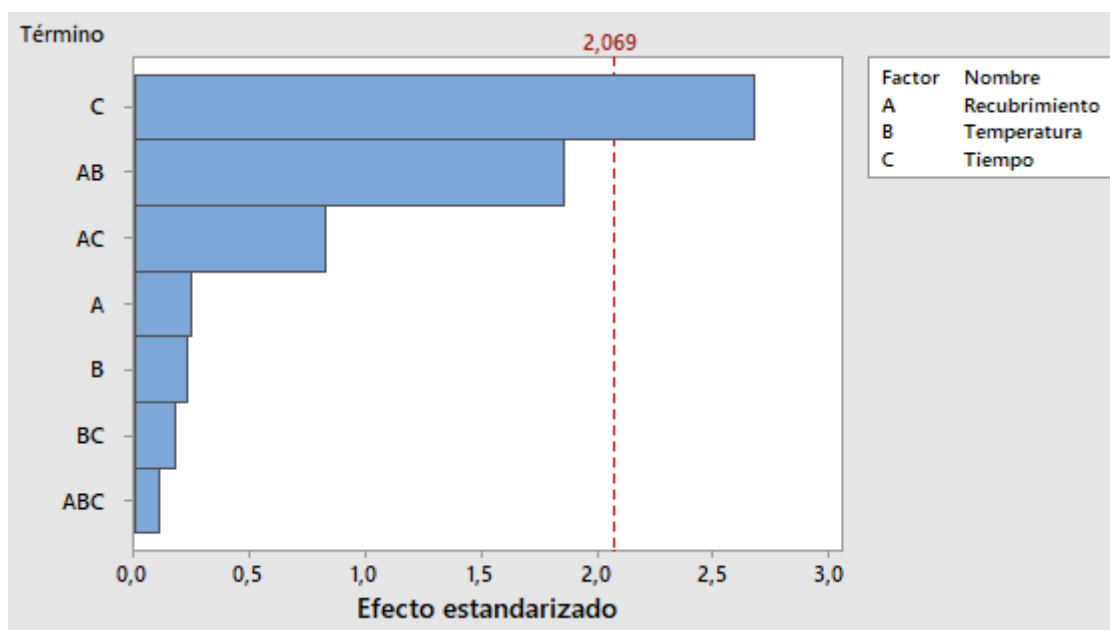


Figura 28. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para acidez total titulable.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 7 En el siguiente anexo se evidencia que el tiempo es el factor con mayor significancia sobre la variable color en el experimento.

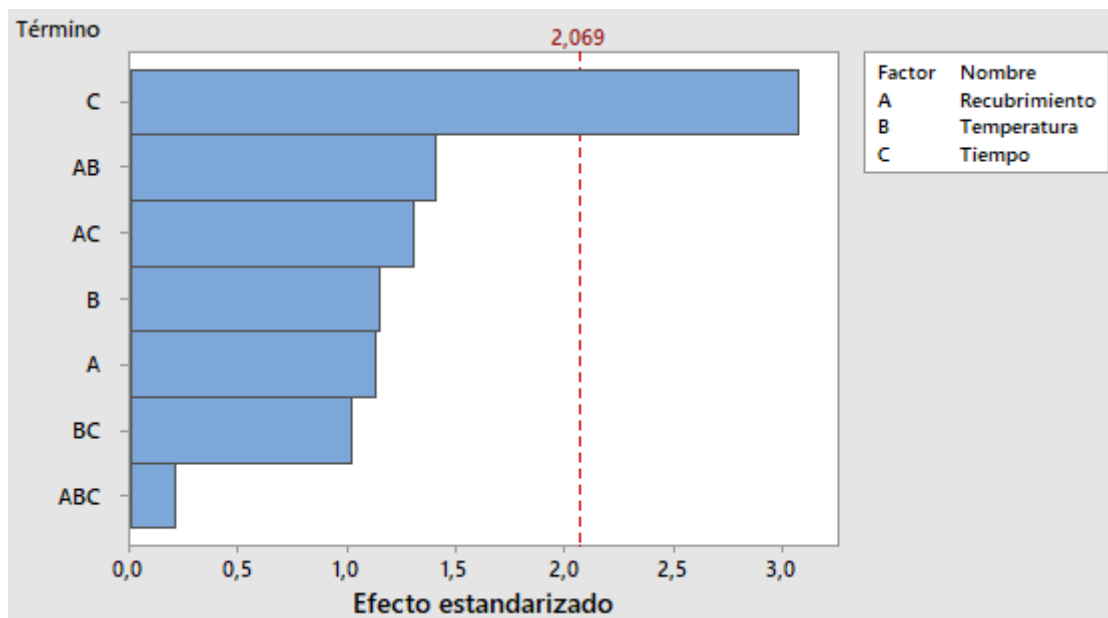


Figura 29. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para color.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 8 En el siguiente anexo se evidencia que el recubrimiento es el factor con mayor significancia sobre la variable sólidos solubles totales en el experimento.

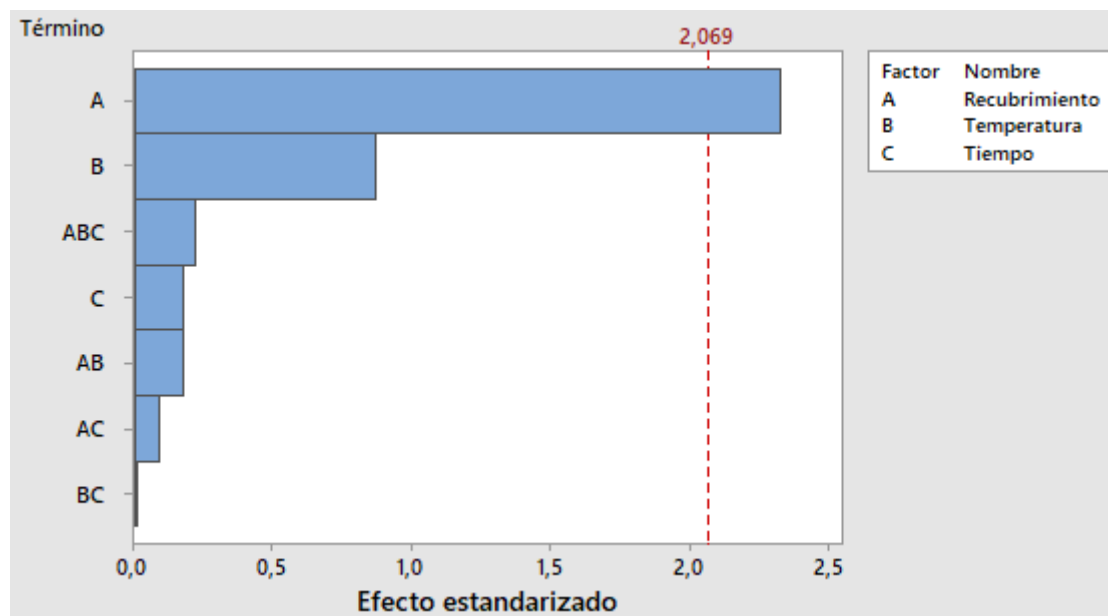


Figura 30. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para sólidos solubles totales.

Fuente: Minitab 18.

Anexo 9 En el siguiente anexo se evidencia que los factores con mayor significancia sobre la variable diámetro ecuatorial en el experimento son recubrimiento y tiempo.

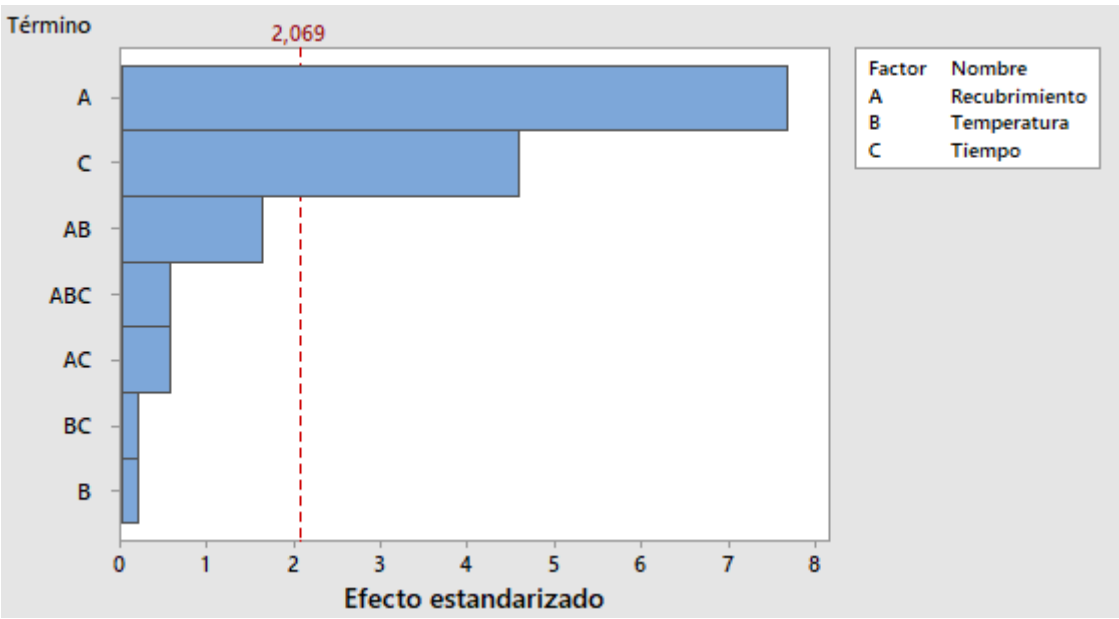


Figura 31. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para firmeza.
Fuente: Minitab 18.

Anexo 10. Guía de recomendaciones para una cadena de abastecimiento citrícola.



Guía para una cadena de abastecimiento citrícola en el **Valle del Cauca**

(productores, intermediarios,
detallistas y consumidores)

La investigación fue realizada con base en la cadena de abastecimiento de cítricos del valle del Cauca con el fin de observar y detallar las actividades que se realizan en cada eslabón de la cadena y de acuerdo a esto determinar la vida útil del limón Tahití.

2018

Autores:

- Ana María Gómez Millán
- Iván Darío Benítez Muriel

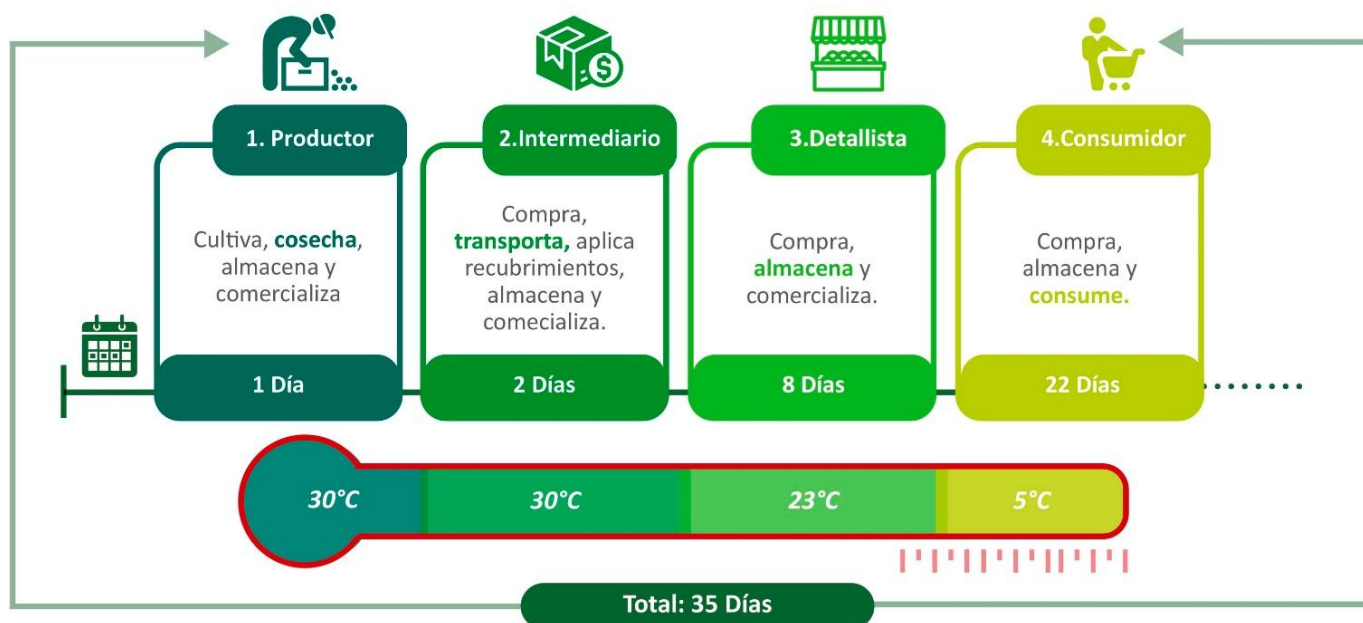
Guía para una cadena de abastecimiento citrícola en el **Valle del Cauca**

(productores, intermediarios, detallistas y consumidores)



Con la intención de ofrecer una orientación a los productores citrícolas del centro del valle con respecto al impacto que puede tener el manejo y la manipulación del producto en términos de los tiempos de permanencia a lo largo de la cadena, a continuación, y con base en las pruebas experimentales y sensoriales realizadas.

Se propone una guía básica orientada a ofrecer criterios para que el productor pueda tomar decisiones con base en el ciclo de vida del producto para su gestión de cosecha, almacenamiento e incluso venta del producto.



¿Qué es la vida útil del fruto?

Es la fecha límite hasta la cual podemos consumir un alimento sin que haya perdido sus propiedades, *la vida útil es el nombre que se le da al periodo que transcurre desde la producción hasta su caducidad*, es decir, el tiempo durante el cual el alimento conserva todas sus cualidades físico-químicas y organolépticas.

¿Cuál es el tiempo de vida útil del limón tahití?

De acuerdo a las condiciones de la cadena de abastecimiento de cítricos en el valle del Cauca, el tiempo de vida útil del limón *Tahití son 35 días*.

¿Es eficaz la aplicación de recubrimiento?

Se observa que la aplicación del recubrimiento ayuda a mantener las propiedades de apariencia física o visual del limón, evitando el endurecimiento y rugosidad del futo, la pérdida de peso y la disminución del tamaño del fruto en el tiempo posterior a la comercialización.



Es importante que el consumidor tenga en cuenta que si refrigera el limón con aplicación de recubrimiento por más de 18 días se presentarán quemaduras en la piel (manchas cafés).

Daños en la piel por refrigeración (más 18 Días a 5°C)



¿Es recomendable que los consumidores almacenen el fruto en refrigeración?

La refrigeración del fruto es ideal para la conservación de la apariencia física y las propiedades del sabor del fruto, así como la prolongación de su vida útil, también ayuda a conservar la textura blanda de la parte exterior del limón.



Es importante tener en cuenta que...

Para la conservación de la vida útil del limón es importante *tener cuidado en la manipulación desde la cosecha del fruto*, es decir, evitar laceraciones en la piel, exposición directa al sol, maltrato en la transportación y almacenamiento en sitios con poca ventilación y altas temperaturas.

Para el consumidor es recomendable la refrigeración del fruto durante un tiempo no mayor a 20 días, para evitar endurecimiento, cambios en el color y sabor del fruto.



Cambio de color verde a amarillo en el limón Tahití en el día 30 después de cosecha.



Guía para una cadena de abastecimiento citrícola en el **Valle del Cauca**

(productores, intermediarios, detallistas y consumidores)

Agradecimientos:

Cordialmente agradecemos a Asofrucol Valle del Cauca, al Comité citrícola del Valle del Cauca, a los pequeños productores citrícolas de la zona plana de Andalucía, a Asocampoalegre Andalucía Valle del cauca, por la colaboración, información y disposición para con esta investigación.